Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Aspectos técnicos e económicos do projecto de centrais eólicas de baixa potência instalada em Espanha

João Manuel Carvalho Mendes

VERSÃO FINAL

Relatório de Projecto, realizado no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (MIEEC)
Major Energia

Orientador: Prof. Dr.José Rui da Rocha Pinto Ferreira

Junho de 2008

Resumo

O trabalho que se apresenta centra-se no domínio das energias renováveis, nomeadamente, na área da energia eólica, e corresponde à elaboração do projecto de uma instalação de energia mini-eólica de potência instalada de 60 kW, desenvolvendo-se um conjunto de métodos, para o acompanhamento da elaboração do projecto, ao longo das suas diversas fases, procurando-se ainda fazer a ligação entre os aspectos de qualidade e de economia.

Nos capítulos iniciais, começa-se por realizar uma contextualização do projecto à realidade, numa primeira abordagem global dos seus objectivos, assim como a introdução de alguns dos princípios gerais da política energética da Comunidade Europeia (CE), (Capítulos 1 e 2). Nos capítulos seguintes, focam-se os fundamentos gerais para o estudo e implementação de um parque eólico, englobando áreas tão diversas como a análise do recurso eólico (Capítulo 3), a localização do parque (Capítulo 4) e generalidades sobre os equipamentos utilizados e seus fornecedores (Capítulo 5). Nos capítulos 6 e 7 apresentam-se as principais tarefas e dimensionamentos de toda a obra civil e da ligação da instalação à rede eléctrica. Nos capítulos 8 e 9 são apresentados os estudos de impacto ambiental e de higiene e segurança no trabalho. No capítulo 10, analisam-se os requisitos de um sistema de informação (base de dados), enquanto no capítulo seguinte são apresentados os resultados da previsão de energia (Capítulo 11) que servem de base ao estudo de viabilidade económica do parque (Capítulo 12), incluindo uma análise de sensibilidades através da alteração de alguns dos parâmetros iniciais. No capítulo 13, realiza-se a síntese dos resultados, conclusões e sugerem-se novas vias tendo em vista uma futura actividade. Para finalizar (Capítulo 14) apresentam-se os anexos que fundamentam e completam o texto principal.

Seguindo os métodos anteriormente referidos, foi possível analisar todos os parâmetros necessários à implementação de um parque eólico na localização escolhida: A Laracha – Corunha.

Finalizados os quatro meses de investigação e desenvolvimento do presente projecto, é possível afirmar que, actualmente, a implementação deste tipo de projecto (com a tecnologia e legislação actual), é inviável. No entanto, a curto/ médio prazo é possível incentivar o mercado e fomentar o desenvolvimento das indústrias associadas, viabilizando este tipo de instalações. Com base neste cenário foi feita uma previsão da tarifa bonificada, 0.30 €/KWh e a partir deste valor, com base nos equipamentos de apenas um dos fornecedores, foi possível viabilizar um pequeno parque mini-eólico de 60 kW de potência instalada, apesar dos baixos valores da TIR e do VAL não permitirem um optimismo exagerado dos resultados económicos do projecto.

Fica portanto, o desenvolvimento e implementação deste tipo de projecto dependente da vontade política na abordagem às energias renováveis de baixa potência instalada, nomeadamente no aumento da tarifa.

Abstract

The present report focus on renewable energies, in particular wind power, and it describes the development of a project for a small wind power park with an installed power of 60 kW. The project describes a set of methods to develop and monitor the project along its several phases. It is also sought to establish the relation between quality and economical aspects.

The initial chapters of the project describe its background and global objectives as well as an introduction of some of the general guidelines from the European Union's (EC) energy policies (Chapters 1 and 2). The following chapters focus on the fundamentals of the study and implementation of a wind power park, including different subjects, such as wind power resource analysis (Chapter 3), the location of the park (Chapter 4), considerations about equipements used (Chapter 5) and it's suppliers. In Chapter 6 and 7, the main tasks and design of the civil works and the connection to the electric grid are described. Chapters 8 and 9, cover the environmental impact study and health and safety assessments. An analysis of the requirements for the information system (data-base), is described in Chapter 10 while in the next chapter the results of the estimated energy produced are presented (Chapter 11). This serves as a basis of the economical analysis study for the park (Chapter 12). Chapter 13 holds the summary of findings, conclusions and the suggestion of new options for future activities. Finally chapter 14 provides the attachments that complement the main text.

Following the methodology described above, it was possible to assess all the parameters needed for implementation of a wind farm at the chosen location: A Laracha - Coruña.

After four months of research and development of this project, it is can be stated that at present, the implementation of this type of project (with the technology and current legislation), is not viable. However, in short/ medium term it is possible to stimulate the market and promote the development of the associated industries, making the implementation of this type of facilities viable. Based on this scenario it was forecasted that from a subsidised rate of 0.30 € / kWh and based on the equipment of only one of the suppliers, it was possible to make a small mini-wind farm of 60 kW of installed power economicaly viable, however the low values of IRR and NPV do not allow for an over-optimism for the economic viability of the project.

To conclude, the development and implementation of such a project depends particularly on the political strategy, particularly regarding an increase on the energy cost rate of small production plants.

Agradecimentos

Agradeço à minha família e à Diana, pelo alento nos momentos mais difíceis e pela ajuda na construção de objectivos de vida, pessoais e académicos.

Agradeço a todos os professores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, mais concretamente, ao Prof. Dr. José Rui da Rocha Pinto Ferreira que desde o início se mostrou disponível para estruturar e viabilizar o presente projecto em ambiente académico-empresarial.

Agradeço a todos os trabalhadores da INDER GLOBAL Galicia pela ajuda e orientação prestada.

Índice

Lista de figuras

Lista de tabelas

Abreviaturas e Símbolos

CE – Comunidade Europeia;
MIEEC - Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores;
FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;
APPA - Asociación de Produtores de Energias renovables;
NE - Nordeste;
SW – Sudoeste;
N – Norte;
S – Sul;
BOE - Boletín Oficial del Estado;
BT - Baixa Tensão;
SEE - Sistema Eléctrico de Energia;
MT – Média Tensão;
AT – Alta Tensão;
AC – Corrente Alternada;
DC – Corrente Contínua;
THD – *Total Current Harmonic Distortion* (Taxa de Distorção Harmónica);
PT – Posto de Transformação;a
PRE - Produtores em Regime Especial;
VAL - Valor Actual Líquido;
TIR - Taxa Interna de Rentabilidade;
ITC - *instrucciones técnicas complementarias.*

Capítulo 1 – Introdução

No âmbito da unidade curricular de dissertação/relatório de projecto, do 5º ano do curso de Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (MIEEC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), foi solicitada a realização de um trabalho individual de projecto (no sentido lato) na área de conhecimento do curso, visando a integração e aplicação de conhecimentos, competências e atitudes adquiridas ao longo do curso, à resolução de problemas complexos de engenharia.

Uma vez que este pode ser um trabalho de aplicação industrial ou de desenvolvimento tecnológico, realizado em ambiente académico, empresarial ou misto, este relatório de projecto foi realizado na sequência de uma proposta da empresa INDER GLOBAL Galicia, Espanha, em consonância com a possibilidade oferecida pela FEUP de realizar um período de estágio numa empresa internacional (ao abrigo do programa Europeu, Erasmus – Estágios).

Aproveitando as excelentes características de Espanha, no que concerne à energia eólica, que possibilitaram a potência eólica instalada de 15.145 kW, até ao final do ano de 2007, e permitiram a este país ocupar o 3º lugar no *ranking* dos países com maior potência instalada, apenas atrás da Alemanha (1º lugar) e Estados Unidos da América (2º lugar), não se pode deixar de elaborar um trabalho nesta área. Para tal, optou-se pela província da Galiza, que actualmente contribui com 2818 MW de potência instalada (aproximadamente 20 % da potência instalada em toda a Espanha), para situar parque mini-eólico em estudo [1].

Com a elaboração do presente projecto pretende-se, para além de aprofundar os conhecimentos na área da energia eólica, ir de encontro às preocupações sociais e políticas relativas à degradação do meio ambiente, à conveniência de diminuir a dependência das importações energéticas e aumentar a segurança relativamente ao fornecimento de energia.

A energia eólica devido ao seu grau de desenvolvimento, o seu baixo custo aliado ao facto de ser uma energia limpa e inesgotável, tem um alto potencial de aplicação, como recurso energético próprio, nas áreas que possuam condições de vento favoráveis à sua utilização.

É neste contexto que surge o presente projecto sendo o seu primordial objectivo analisar, de uma forma simples e clara, a possibilidade de instalação de pequenos parques de energia eólica de baixas potências instaladas (<100 kW), de forma dispersa, junto aos pontos de consumo.

Para a concretização deste projecto de investigação foi necessária a realização de uma prévia pesquisa e revisão bibliográfica nos diferentes meios de publicação (livros de referência, artigos científicos, páginas de internet, etc.), aconselhamento com especialistas na área em questão (docentes, engenheiros da empresa anteriormente referida, etc.) e observação *in locco* das várias características favoráveis e desfavoráveis à implementação do parque eólico.

O trabalho que se apresenta centra-se no domínio das energias renováveis, nomeadamente, na área da energia eólica, e corresponde à elaboração do projecto de uma instalação de energia mini-eólica de potência instalada de 60 kW, desenvolvendo-se um conjunto de métodos, para o acompanhamento da elaboração do projecto, ao longo das suas diversas fases, procurando-se ainda fazer a ligação entre os aspectos de qualidade e de economia.

Nos capítulos iniciais, começa-se por realizar uma contextualização do projecto à realidade, numa primeira abordagem global dos seus objectivos, assim como a introdução de alguns dos princípios gerais da política energética da Comunidade Europeia (CE), (Capítulos 1 e 2). Nos capítulos seguintes, focam-se os fundamentos gerais para o estudo e implementação de um parque eólico, englobando áreas tão diversas como a análise do recurso eólico (Capítulo 3), a localização do parque (Capítulo 4) e generalidades sobre os equipamentos utilizados e seus fornecedores (Capítulo 5). Nos capítulos 6 e 7 apresentam-se as principais tarefas e dimensionamentos de toda a obra civil e da ligação da instalação à rede eléctrica. Nos capítulos 8 e 9 são apresentados os estudos de impacto ambiental e de higiene e segurança no trabalho. No capítulo 10, analisam-se os requisitos de um sistema de informação (base de dados), enquanto no capítulo seguinte são apresentados os resultados da previsão de energia (Capítulo 11) que servem de base ao estudo de viabilidade económica do parque (Capítulo 12), incluindo uma análise de sensibilidades através da alteração de alguns dos parâmetros iniciais. No capítulo 13, realiza-se a síntese dos resultados, conclusões e sugerem-se novas vias tendo em vista uma futura actividade. Para finalizar (Capítulo 14) apresentam-se os anexos que fundamentam e completam o texto principal.

Em consonância com a actividade da empresa INDER GLOBAL Galiza, cuja principal actividade consiste no desenvolvimento e aplicação de projectos de energias renováveis (instalações fotovoltaicas, biomassa, solar térmica, solo radiante, etc.), apesar de à luz da legislação actual espanhola não ser possível o retorno do capital investido nos 25 anos de vida útil das instalações, o presente estudo não deixa de ser relevante uma vez que estão previstas alterações da legislação, a curto prazo, favoráveis à rentabilidade deste tipo de produção de energia (aproximação do valor da tarifa mini-eólica ao valor da tarifa mini fotovoltaica [Figura 2.1]). É com base neste pressuposto que se aborda o actual desafio!

Com o intuito de tentar garantir essa mesma alteração da legislação, a *Asociación de Produtores de Energias renovables (APPA)* criou já um grupo de trabalho activo, constituído por empresas, produtores e fornecedores da área da energia eólica de toda a Espanha [2].

De acordo com os princípios gerais de política energética, a comissão europeia publicou em Novembro de 1997, um livro branco intitulado: *"ENERGY FOR THE FUTURE: RENEWABLE SOURCES OF ENERGY"* no qual se fixa, para a CE, uma potência de 40.000 MW de produção eléctrica com origem em energia eólica para o ano 2010, o que presupõe, entre outras vantagens, a redução de emissões de CO_2 para a atmosfera de 80 milhões de toneladas anuais.

O mesmo livro propõe, como um dos principais objectivos, uma maior participação das fontes de energia renovável no balanço energético da CE até 12 % até 2010. Para impulsionar o avanço nesta área, a CE definiu, desde 2000, dois objectivos indicativos relativos às fontes de energia renováveis:

- Incrementar até 22 % a cota de electricidade gerada a partir de fontes de energia renováveis na Europa dos quinze para 2010 (comparativamente aos 14 % de 2000);
- Incrementar até 5,75 % a cota de biocarburantes no gasóleo e gasolina utilizados nos meios de transporte para 2010 (comparativamente aos 0,6 % de 2002).

Os dez novos estados membros da CE devem ajustar-se às indicações da directiva 2001/77/CE relativa à electricidade produzida a partir de fontes de energias renováveis. Neste sentido, o tratado de adesão fixa objectivos nacionais indicativos relativos à cota de electricidade produzida a partir de fontes de

energia renovável, em cada novo estado membro. Estes objectivos traduzem-se num objectivo colectivo de 21 % para a Europa dos 25 países membros.

Entretanto muito foi feito nesta área e os objectivos foram sendo sucesivamente alterados sempre com a colocação de novas e, cada vez mais, ambiciosas metas, sendo este o caminho a seguir [3].

O objectivo final deste projecto é avaliar a viabilidade económica deste tipo de instalações, num futuro próximo, considerando as tecnologias actuais disponíveis do mercado, tendo em consideração que, no caso de alterações favoráveis na legislação, estas soluções disponíveis seriam significativamente desenvolvidas, adaptadas e optimizadas à nova realidade, passando a apresentar melhores características (maior potência unitária dos aerogeradores e equipamentos associados) e menor custo.

Considerando as limitações temporais do presente estágio (aproximadamente quatro meses) e, tendo em consideração, desde início, que todas as fases do projecto são igualmente importantes, estabeleceu-se, como ponto de partida, o compromisso de prestar igual atenção, em tempo dispendido, quantidade de informação e rigor de tratamento a todas as principais etapas. Foi adoptada esta abordagem para que o resultado final (relatório de projecto) seja um documento equilibrado em termos de informação e interesse, que englobe a maior parte das tarefas a ter em conta para uma instalação desta dimensão, com capacidade de adaptação a novas realidades e cujos resultados transmitam informações válidas e possíveis de ser completadas e tratadas de acordo com as alterações previstas.

Capítulo 2 – Energia mini-eólica em Espanha

2.1 Tarifa aplicável

1º Grupo b.1. - Instalações que utilizem como energia primária a energia solar. Este grupo divide-se em dois subgrupos:

a. Subgrupo b.1.1 - Instalações que utilizem unicamente a radiação solar como energia primária mediante a tecnologia fotovoltaica.
b. Subgrupo b.1.2 - Instalações que utilizem unicamente processos térmicos para a transformação da energia solar, como energia primária, em electricidade. Nestas instalações podem utilizar-se equipamentos que utilizem um combustível para manter a temperatura do fluído transmissor de calor, para compensar a falta de radiação solar que possa afectar a entrega prevista de energia. (…)

2º Grupo b.2. - Instalações que utilizem unicamente como energia primária a energia eólica.

a) Subgrupo b.2.1 - Instalações situadas em terra.
b) Subgrupo b.2.2 - Instalações situadas no mar territorial [4].

Grupo	Subgrupo	Potencia	Plazo	Tarifa regulada c€/kWh	Prima de referencia c€/kWh	Límite Superior c€/kWh	Límite Inferior c€/kWh
b.1	b.1.1	$P \leq 100$ kW	primeros 25 años	44,0381			
			a partir de entonces	35,2305			
		100 kW $< P \leq 10$ MW	primeros 25 años	41,7500			
			a partir de entonces	33,4000			
		$10 < P \leq 50$ MW	primeros 25 años	22,9764			
			a partir de entonces	18,3811			
	b.1.2		primeros 25 años	26,9375	25,4000	34,3976	25,4038
			a partir de entonces	21,5498	20,3200		
b.2	b.2.1		primeros 20 años	7,3228	2,9291	8,4944	7,1275
			a partir de entonces	6,1200	0,0000		

Figura 2.1- Excerto Boletín Oficial del Estado (BOE) número 126 [4]

Através da análise da figura anterior [Figura 2.1], verifica-se que não há qualquer distinção entre a tarifa a pagar entre produção mini-eólica e a produção eólica. Por conseguinte, nestes moldes, a produção mini-eólica é muito prejudicada devido ao seu elevado custo específico e porque, tipicamente, o custo (por kW instalado) das instalações inferiores a 100 kW, é de aproximadamente três vezes superior ao custo dos aerogeradores de potência superior a 500 kW.

Na realidade, como se verá mais à frente (Capítulo 9), existem poucos fabricantes que produzam aerogeradores que cubram as potências até 100 kW, existindo muitos modelos de pequenas potências aplicáveis, sobretudo a pequenas habitações ou casas isoladas (<8 kW), e apenas alguns com potências até aos 100 kW (10 kW, 20 kW, 30 kW, 50 kW e 100 kW). A partir desse valor de potência apenas existem modelos de grandes potências (> 275 kW, 850 kW, 1000 kW, etc.).

2.2 Definição da energia mini-eólica

1. Instalações eólicas de potência inferior a 100 kW;
2. Segundo as normas internacionais, as instalações eólicas têm uma área de rotor máxima de 300 m^2 e são conectadas à rede em Baixa Tensão (BT);

2.3 Vantagens da energia mini-eólica

1. Produção de energia em locais isolados da rede eléctrica de energia:
   i. Produção dispersa;
   ii. Produção de energia junto aos pontos de consumo reduzindo-se, assim, as perdas de transporte.
2. Não sobrecarrega as redes de distribuição;
3. Menor impacto ambiental – sonoro e visual – (estudos de impacto ambiental reduzidos);
4. Não requer complexos estudos de viabilidade económica;
5. Burocracia simplificada;
6. Possibilidade de instalações híbridas (fotovoltaica – eólica), energias complementares.

2.4 Aplicações da energia mini-eólica

1. Produção isolada da rede eléctrica de energia;
2. Bombagem de água;
3. Ligação à rede.

2.5 Desvantagens da energia mini-eólica

1. Ausência de regulação que active o mercado permitindo o desenvolvimento de tecnologias fiáveis com custos competitivos;
2. Autorizações locais por vezes excessivas;
3. Falta de tecnologia *standard* e produção em massa que permita baixar os preços;
4. Não existe regulamentação específica para instalações ligadas à rede eléctrica.

2.6 Diferenças entre a energia mini-eólica e energia grande-eólica

1. Baixa fiabilidade e eficiência
2. Falta de *know-how* tecnológico;
3. Baixo custo de operação e manutenção;
4. Facilmente integradas em zonas habitadas;
5. Ligação à rede eléctrica em BT mediante um inversor [5].

Capítulo 3 - Recurso eólico

A quantidade de energia contida ou disponibilizada pelas massas de ar em movimento, na sua circulação pelas camadas atmosféricas mais baixas, representa um nível de potencial energético relativamente elevado, especialmente em determinadas condições locais e temporais, de tal modo que se justifica o esforço de levar a cabo a sua transformação em energia útil, assim como o seu aproveitamento, em condições favoráveis de eficiência e rentabilidade, considerando o grau de desenvolvimento alcançado pelas tecnologias de conversão eólica na actualidade.

Por outro lado, ao considerar o vento como um recurso energético, do ponto de vista da sua disponibilidade, este apresenta características específicas: possui substanciais variações temporais, a curto e a longo prazo; variações espaciais, em superfície e em altura, verificando-se, ainda, uma componente aleatória que afecta a sua variação total.

Ao mesmo tempo, deve ter-se em consideração que a energia eólica disponível por unidade de área exposta ao vento é proporcional ao cubo da velocidade. Assim, pequenas variações na velocidade do vento provocam consideráveis variações na quantidade de energia produzida.
De seguida, serão apresentados os conceitos teóricos mais relevantes [6], [7], [8] e [9].

3.1 Potência eólica disponível

A potência mecânica disponível das massas de ar em movimento é, essencialmente, proporcional ao cubo da velocidade do vento (v) e à área exposta à corrente de ar (A), dependente do tamanho das pás do aerogerador de acordo com a seguinte expressão:

$$P_d = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 , \quad (3.1)$$

Considerando:

- P_d - Potência aproveitável;
- ρ - Densidade do ar;
- A - Área de rotor;
- v - Velocidade do vento.

3.2 Potência eólica aproveitável

Cumprindo-se a equação de conservação da massa no fluxo de ar (equação de continuidade) não se pode extrair toda a potência disponível do vento. A quantidade de potência eólica aproveitável depende,

para além da potência eólica disponível (velocidade do vento), das características de funcionamento da máquina.

Esta potência aproveitável refere-se à potência do eixo do rotor e não à potência eléctrica final. As perdas de potência devidas à eficiência mecânica da transmissão e à eficiência eléctrica do gerador devem ser contabilizadas à parte.

A potência aproveitável pela máquina eólica, de área de rotor A, frente a um fluxo de ar de velocidade v e densidade ρ é dada por [1.2]:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p \quad , \qquad (3.2)$$

Considerando:

- P_a - Potência aproveitável;
- ρ - Densidade do ar;
- A - Área de rotor;
- v - Velocidade do vento;
- Cp - Coeficiente de Potência, expressa a fracção de potência extraída do rotor que é função, para cada máquina, da velocidade do vento segundo $C_p = C_p(v)$.

3.3 Variação vertical do vento

Devido, fundamentalmente, à fricção da corrente de ar com a superfície terrestre, o perfil vertical do vento não é constante e, geralmente, é crescente com a altura.

Os dados de vento são medidos a uma altura determinada a partir do solo (no caso das estações meteorológicas as medidas realizam-me à altura de 30 m e 50 m), pelo que é necessário aplicar métodos para outras alturas de interesse como, por exemplo, a altura do eixo do rotor do aerogerador.

Neste caso, assume-se o modelo de lei potencial para o perfil vertical de velocidades, ou seja, as grandezas têm a seguinte relação linear:

$$\overline{V}(h) = \overline{V}_a \cdot (\frac{h}{h_a})^{\alpha} \quad , \qquad (3.3)$$

Considerando:

- $\overline{V}(h)$ – Velocidade do vento à altitude da central;
- $\overline{V}_a$ – Velocidade do vento na altitude do ponto de medição (estação meteorológica);
- h - Altitude da central;
- h_a – Altitude do ponto de medição (estação meteorológica);
- α – Depende da rugosidade superficial média e da estabilidade atmosférica média no local considerado [Tabela 3.1].

De considerar que as altitudes h e h_a não são relativamente ao solo mas sim a um nível de vento nulo. Por exemplo, este nível coincide com a superfície superior de uma plantação de cereis, a copa de um aglomerado de árvores [Tabela 3.1].

Tabela 3.1-Dados típicos para os coeficientes z e α

Tipo de terreno	z (m)	α
Liso (mar, areia, neve)	0,001 – 0,02	0,1 – 0,13
Moderadamente rugoso (erva curta, campos de trigo ou outros cereais, regiões rurais)	0,02 – 0,3	0,13 – 0,20
Rugoso (bosques, bairros)	0,3- 2	0,20 – 0,27
Muito rugoso (cidades, altos edifícios)	2 - 10	0,27 – 0,40

A tabela de Beaufort [Tabela 3.2] é a referência internacional que classifica e define cada tipo de vento, em função da sua velocidade.

Tabela 3.2- Tabela de Beaufort

Força	Velocidade (m/s)	Velocidade (km/h)	Denominação
0	0 – 0.5	0 - 1	Calma
1	0.6 – 1.7	2 -6	Brisa
2	1.8 – 3.3	7 - 12	Suave
3	3.4 – 5.2	13 - 18	Leve
4	5.3 – 7.4	19 - 26	Moderado
5	5.7 – 9.8	27 - 35	Regular
6	99 -10.4	36 - 44	Forte
7	12.5 – 15.2	45 - 54	Muito Forte
8	15.3 – 18.2	55 - 65	Temporal
9	18.3 – 21.5	66 - 77	Temporal Forte
10	21.6 – 25.1	78 - 90	Temporal Muito Forte
11	25.2 – 29	91- 104	Tempestade
12	> 29	> 104	Furacão

3.4 Distribuições analíticas de velocidades

O conhecimento da distribuição de probabilidades de vento, P(U) é importante para determinar o potencial eólico disponível, para além de determinar outros parâmetros energéticos com interesse.

As representações analíticas mais utilizadas, devido à sua semelhança com as distribuições reais normalmente medidas, são a distribuição de Rayleigh e Weibull.

3.4.1 Distribuição de Rayleigh

A distribuição de densidade de probabilidades de Rayleigh é dada pela seguinte expressão:

$$P(U)=\frac{U}{\sigma^2}\cdot e^{-\frac{U^2}{2\cdot\sigma^2}}, \qquad (3.4)$$

Considerando:

- $P(U)$ - Probabilidade de ocorrência de determinada velocidade de vento;
- U – Velocidade do vento;
- σ – Desvio padrão.

A distribuição de probabilidades acumuladas, estima a probabilidade da velocidade do vento ser inferior ou superior a um dado valor V e pode ser representada por:

$$P(U>V)=e^{\frac{V^2}{2\cdot\sigma^2}}, \qquad (3.5)$$

Considerando:

- $P(U > V)$ - Probabilidade da velocidade do vento ser superior a um dado valor V;
- V – Limite inferior da velocidade do vento;
- σ – Desvio angular.

3.4.2 Distribuição de Weibull

A expressão analítica mais utilizada em estudos de energia eólica para representar a probabilidade das velocidades do vento é a distribuição de Weibull cuja função de densidade de probabilidade tem a seguinte expressão geral:

$$P(v) = \frac{k}{A} \cdot (\frac{v}{A})^{k-1} \cdot A \cdot e^{-(\frac{v}{A})^k} , \qquad (3.6)$$

Considerando:

- P(v) – Probabilidade estatística de que se verifique uma determinada velocidade de vento;
- v – Velocidade do vento;
- A – Denomina-se factor de escala (unidades de velocidade) cujo valor se encontra próximo da velocidade média;
- K – Representa o factor de forma (a dimensional).

Do ponto de vista prático, a expressão de Weibull, em função dos dois parâmetros, proporciona um método empírico, preciso para a representação da distribuição de probabilidades de velocidades de vento. A distribuição de Rayleigh é um caso particular da distribuição de Weibull com K = 2.

A probabilidade de que existam velocidades de vento superiores a uma determinada velocidade, v_x, é dada por:

$$P(v \geq V_x) = e^{(\frac{V_x}{A})^k} , \qquad (3.7)$$

Considerando:

- $P(v \geq V_x)$ – Probabilidade que se verifique uma determinada velocidade de vento v superior a V_x;
- V_x – Velocidade do vento verificada;
- A – Denomina-se factor de escala (unidades de velocidade) cujo valor se encontra próximo da velocidade média;
- K – Representa o factor de forma (a dimensional).

A probabilidade de que existam velocidades de vento entre os limites de interesse:

$$P(V_x \leq v \leq V_y) = e^{-(\frac{V_x}{A})^k} - e^{-(\frac{V_y}{A})^k} , \qquad (3.8)$$

Considerando:

- $P(V_x \leq v \leq V_y)$ – Representa a probabilidade estatística de que se verifique uma determinada velocidade de vento v dentro do intervalo de velocidades V_x e V_y;
- V_x - Limite inferior da velocidade do vento;
- V_y - Limite superior da velocidade do vento;
- v – Velocidade do vento;

- A – Denomina-se factor de escala (unidades de velocidade) cujo valor se encontra próximo da velocidade média;
- K – Representa o factor de forma (a dimensional).

Capítulo 4 – Localização do parque

4.1 Dados de vento

O vento, mesmo considerando terrenos planos, varia com a altura ao solo e o estudo desta variação apresenta primordial importância: quanto maior a altura maior é a velocidade do vento e, consequentemente, maior a energia produzida (o aumento do vento com a altura é uma das razões porque se tende a fabricar turbinas de maior potência sustentadas por torres mais altas). Assim, a altura do aerogerador tem uma grande importância já que, quanto maior a altura da torre maior é a velocidade do vento captada, devido ao gradiente de velocidades, e a corrente de ar produz um fluxo mais laminar com um coeficiente de fricção menor, afastando-se das zonas de turbulência. Esta é a razão dos investimentos europeus, em instalações realizadas no mar, a pouca distância da costa (*off shore*).

Para a análise da melhor localização deste tipo de instalações, deve ter-se em consideração aspectos relacionados com as condições do terreno (geografia do terreno, orografia, geomorfologia), as condições de vento, no local de estudo, e a disponibilidade do ponto de injecção de energia no Sistema Eléctrico de Energia (SEE). Se todos estes factores influenciam a viabilidade deste tipo de projecto, são sem dúvida as condições do vento que têm especial relevância.

Analisando a distribuição geográfica dos principais parques eólicos da região da Galiza, verificou-se que estão situados sobretudo na costa da Corunha (Noroeste e Norte). Tal como já foi referido, para além da localização geográfica, tem de se avaliar a altitude e a qualidade dos dados (algumas estações têm a indicação de anos incompletos o que, para este estudo, foi motivo suficiente para as eliminar como opção válida).

O conhecimento e a análise dos dados meteorológicos, das estações meteorológicos do sistema nacional de meteorologia disponíveis são de extrema importância. Estas estações têm registos de grande alcance temporal, fornecendo dados de leituras constantes e distribuídas ao longo do dia. Considero que este deve ser um ponto de partida para a escolha da localização do parque.

Desta análise surgiram, então, as seguintes estações metereológicas [Figura 4.1], das quais se obtiveram todos os dados de vento e respectivas rosas do vento, para os anos de 2003 a 2007, inclusive (ANEXO 7 - Dados meteorológicos CORUNHA-AEROPORTO):

- SANTIAGO DE COMPOSTELA OBS.ASTRONOMICO;
- OURENSE (GRANXA DEPUTACION);
- CORUNHA (AEROPORTO).

Figura 4.1- Localização geográfica das estações meteorológicas utilizadas [10]

Teoricamente, a energia produzida varia directamente com o quadrado da velocidade média do vento e a potência varia com o cubo da velocidade [Equação 5.1] assim, erros resultantes da extrapolação dos dados de vento de outras localizações que não seja a localização exacta do parque, podem afectar, significativamente, a viabilidade de construção do parque.

Esta primeira análise deverá, sempre que possível, ser complementada com a instalação, no local de interesse, de estações metereológicas, adaptadas para o efeito, que obtêm os dados ao longo de alguns anos, idealmente cinco anos antes da implementação do parque. Este processo, apesar da recolha dos dados demorar o seu tempo e acarretar custos elevados, é imprescindível para parques de grande potência instalada, de maneira a que se viabilize a sua viabilidade económica.

Para o presente estudo, de carácter geral, terá de se limitar a localização do parque o máximo possível, às áreas limítrofes da estação meteorológica escolhida, ou caso a localização diste significativamente, fazer uma inferência baseada nas iso velocidades (linhas que indicam uma mesma velocidade média do vento), na orografia e respectivos obstáculos do terreno (montanhas, edifícios, etc.).

Apesar de tudo, o investimento nas estações meterorológicas, não perde o interesse após a entrada em funcionamento do parque. Para além da sua função de predição, elas permitem o controlo da produção e a sua optimização: qualquer variação entre a produção verificada e os dados de vento obtidos indicam possíveis anomalias, o que permite alertar a equipa de manutenção para a necessidade de intervenção.

Neste presente projecto será aplicada uma torre meteorológica da empresa – Ammonit (ANEXO 5 - Estação meteorológica, detalhes e preços dos equipamentos).

Considerando os dados obtidos, através das três estações anteriormente referidas, devido, principalmente, à topografia envolvente, à maior velocidade média do vento e sobretudo à direcção dos ventos dominantes decidiu-se estudar a área na periferia da estação meteorológica da Corunha, Aeroporto.

Como se verifica na figuras seguintes [Figuras 4.2 e 4.3], as maiores velocidades têm como direcções e frequências dominantes Nordeste (NE), Sudoeste (SW) e Norte (N) e Sul (S), respectivamente, com

velocidade média de 5,8 m/s. Com base neste pressuposto, procuraram-se na periferia da área de interesse, as localizações com características favoráveis (altitude, orientação, pendentes suaves e boa exposição de vento).
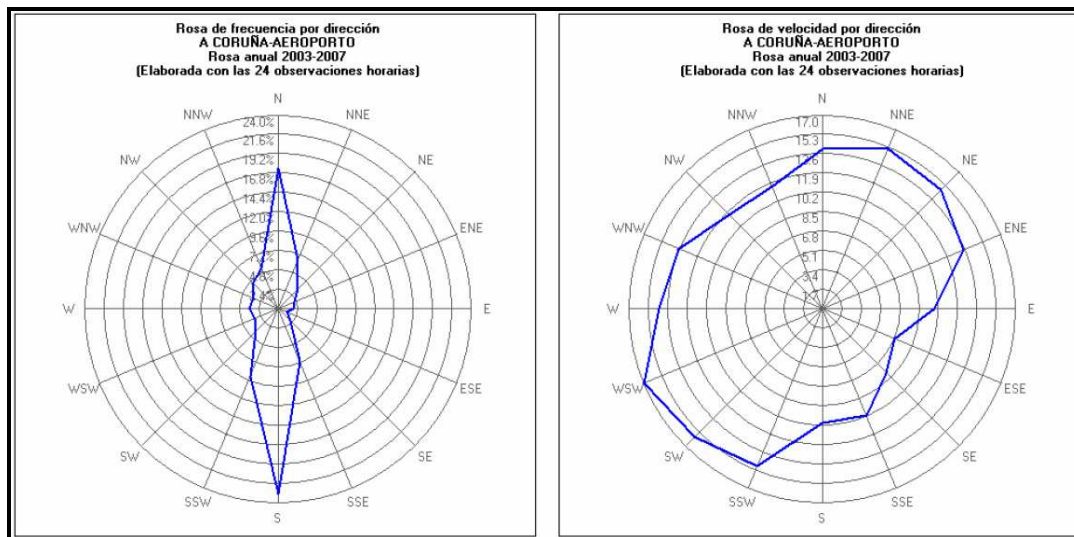
Figura 4.2- Rosa-dos-ventos (frequência, direcção e velocidade, direcção), estação meteorológica da Corunha, Aeroporto [11]
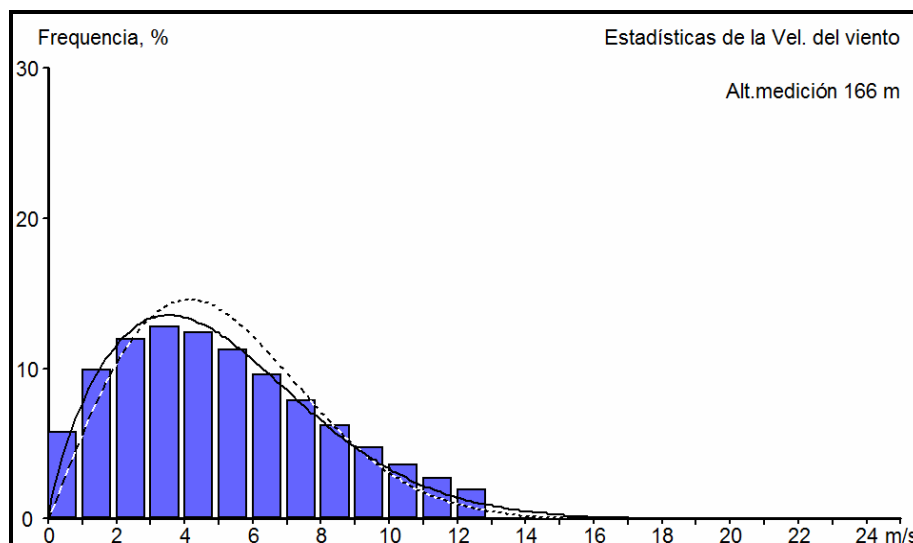
Figura 4.3- Distribuição de Weibull (___) e Rayleigh (- - -) dos ventos, estação meteorológica da Corunha, Aeroporto

4.2 Orografia e ocupação do solo

Esta análise do terreno, apresentada de seguida utilizou essencialmente os programas: Google Earth [10] e os dados ("Infraestructuras de Datos Espaciales de España" – www.idee.es) disponibilizados on line pelo "Consejo Superior Geografico" [12]. A interligação das duas ferramentas permite uma primeira visualização do terreno em volta da estação meteorológica (de onde possuimos os dados meteorológicos) e

a localização dos pontos de consumo. Seguindo este processo escolheu-se a localização para o parque eólico:

Tabela 4.1 - Dados geográficos relativos à localização do parque

Comunidade autónoma	**Galiza**
Província	Corunha
Município	Laracha
Latitude	43°15'29.88"N
Longitude	8°36'8.17"O

Esta relação entre as boas características de vento (normalmente locais de elevada altitude) e a proximidade dos pontos de ligação à rede/centros de consumo nem sempre é fácil. A solução que se procura é a instalação do parque na periferia de uma zona industrial ou grande área habitacional, a uma altitude considerável, com um relevo favorável, numa elevação orientada a favor dos ventos dominantes [13].

As razões que favoreceram esta localização foram: a proximidade com a zona industrial, situado imediatamente ao lado de uma pedreira (considerada área de solo industrial, factor que facilita o estudo ambiental), os bons acessos, o facto de os campos de cultivo não serem significativamente afectados com a actividade do parque (apesar de serem necessárias medidas adicionais de protecção para a segurança de pessoas e animais), e a orientação do terreno (já que os aerogeradores, serão instalados paralelamente à estrada secundária, a Norte da auto estrada AG-55, orientação esta que coincide com a direcção dos ventos dominantes: NE e SW.

A orografia afecta, de forma significativa, a produção de energia eólica, devido ao diferente nível de fricção do ar sobre o terreno, produzindo-se um gradiente de velocidades, (ANEXO 2 – Mapas do terreno, orográficos, ocupação do solo e geomorfológicos). A produção de energia eólica é, também, afectada pela compressão que sofre o vento, em alguns lugares, para passar obstáculos que encontram no seu caminho, aumentando, de forma significativa, a velocidade até determinada altura.

4.2.1 Efeito de esteira

Dado que o aerogerador produz energia a partir da energia do vento, o ar que abandona a turbina tem um conteúdo energético menor do que o ar que chega à turbina. Este facto deduz-se, directamente, do Princípio de Conservação da Energia segundo o qual a energia não pode ser criada ou destruída mas apenas transformada, mantendo-se a sua quantidade total inalterada (Joule, 1843).

Assim, haverá uma esteira atrás da turbina, ou melhor, uma comprida cauda de vento bastante turbulenta onde o vento apresenta menor velocidade, quando comparada com o vento que chega à máquina. Efectivamente, pode visualizar-se este rasto atrás de um aerogerador se adicionarmos fumo ao ar que passa através da turbina [Figura 4.4].

Figura 4.4- Efeito Esteira [14]

Devido ao efeito de esteira, cada aerogerador diminui o vento após a sua passagem para obter a energia. Portanto, o ideal seria separar as turbinas o máximo possível na direcção dos ventos dominantes. Contudo, devido ao elevado custo dos terrenos e da ligação à rede eléctrica, é aconselhável situar as turbinas o mais próximo possível umas das outras. Como norma geral, a separação entre os aerogeradores, num parque eólico, é de cinco a nove diámetros do rotor, na direcção dos ventos dominantes, e de três a cinco diámetros do rotor, na direcção perpendicular à dos ventos dominantes.

Conhecendo o rotor da turbina eólica, a rosa dos ventos, a distribuição de weibull e a rugosidade nas diferentes direcções, os fabricantes ou projectistas podem calcular as perdas de energia devidas ás interacções entre aerogeradores. As perdas de energia típicas rondam os 5 % [14].

4.2.2 Efeito túnel

Se seguirmos um caminho entre dois edifícios altos ou uma passagem estreita entre montanhas, observamos o seguinte efeito: o ar comprime-se na parte dos edifícios ou da montanha que está exposta ao vento e a sua velocidade cresce consideravelmente entre os obstáculos – "efeito túnel". Assim, se a velocidade normal do vento, num terreno aberto pode atingir, por exemplo, 6 m/s, numa passagem natural com as características indicadas anteriormente, esta velocidade pode, facilmente, atingir os 9 m/s.

Situar um aerogerador num túnel deste tipo é uma boa forma de obter velocidades de vento superiores à das áreas confinantes. Para obter um bom efeito de túnel este deve estar suavemente encaixado na paisagem. No caso das colinas serem muito acidentadas, podem ocorrer turbulências, ou seja, o vento soprará em muitas direcções diferentes (e com variações muito rápidas). Neste caso, a vantagem da maior velocidade de vento alcançada é completamente anulada e as variações podem causar roturas e desgastes desnecessários no aerogerador [14].

4.2.3 Efeito de colina

Uma forma corrente de situar os aerogeradores consiste em situá-los em colinas dominantes na paisagem circundante, sendo vantajosa a exposição o mais ampla possível, na direcção dominante do vento.

Nas colinas verificam-se velocidades de vento superiores à das áreas circundantes. Uma vez mais, este efeito deve-se ao facto de o vento se comprimir na parte inferior da montanha exposta ao vento, e expandir-se, até à zona de baixas pressões pela ladeira a sotavento da colina, assim que alcança a parte superior da colina. O vento inclina-se algum tempo antes de alcançar a colina uma vez que, na realidade, a zona de altas pressões se estende até uma distância considerável em frente à colina.

De acordo com o indicado anteriormente, se a colina é escarpada ou tem uma superfície acidentada, podem ocorrer turbulências significativas que anulem as vantagens derivadas da maior velocidade de vento [14].

4.3 Ponto de entrega de energia

Antes de obter uma resposta, ao pedido do ponto de entrega da energia, o promotor do projecto já iniciou os estudos de medição de vento e outros estudos de viabilidade do parque. Este trabalho realiza-se, portanto, antes de conhecida a disponibilidade do ponto de ligação à rede e as suas principais características (localização, etc.), já que não existe informação detalhada sobre o estado e a capacidade das redes. O acesso prévio do promotor a este tipo de informações, seria fundamental para determinar o interesse por uma localização concreta.

Ao contrário dos parques de grandes potências instaladas, que utilizam para o transporte da energia produzida a rede de MT ou AT, no caso de parques mini-eólica este transporte é feito exclusivamente em BT e por isso, devido às restrições de ordem técnica (quedas de tensão), é necessário considerar que a produção se encontra próxima do ponto de ligação à rede e consequentemente próxima dos centros de consumo.

Para efeito do pedido do ponto de ligação seria necesário o preenchimento de um formulário para entregar ao operador do sistema eléctrico de energia (Union Fenosa), com todos os dados relevantes do projecto. Para o presente estudo, optou-se por não proceder ao pedido formal do ponto de ligação na rede devido ao elevado tempo necessário para aprovação do pedido, e que não se coaduna com o tempo limite para a entrega do projecto. Para todos os efeitos considera-se, à partida, deferido o pedido de ponto de ligação, sendo conhecidas as principais características do transformador pertencente a rede, para efeitos dos cálculos técnicos de ligação à rede.

Capítulo 5 - Generalidades sobre equipamentos utilizados

5.1 Geradores

5.1.1 Geradores síncronos

As máquinas síncronas são máquinas eléctricas cuja velocidade de rotação n (r.p.m) está vinculada rígidamente com a frequência (f) da rede, de corrente aternada com a qual trabalha, segundo a expressão:

$$n = \frac{60 \times f}{p} \quad , \qquad (5.1)$$

considerando:

- n – número de rotações por minuto;
- f – frequência;
- p - número de pólos da máquina.

Uma máquina de ímanes permanentes, de pólos múltiplos, pode ser utilizada para baixas velocidades de vento. A maior desvantagem é que o campo produzido não pode ser eliminado em caso de ocorrência de um defeito fase-terra. Dependendo da resistência de curto-circuito, se a resistência de curto-circuito for de valor elevado, existe risco de incêndio se o sistema de travagem não for capaz de actuar rapidamente.

Para sincronizar a velocidade de rotação do rotor e do ângulo de binário (ângulo que forma a tensão da linha e a força electomotriz induzida - f.e.m.), ambos os valores devem estar muito próximos e consegui-lo é consideravelmente difícil já que o binário da turbina varia constantemente com as rajadas de vento.

Normalmente, consideram-se variações de 1 % para a velocidade e de 30º para o ângulo de binário. Para fazer com que estes intervalos coincidam é necessário um sistema de travagem que mantenha a velocidade próxima do seu funcionamento estável. Para que se tenha uma idéia geral das implicações destas variações, para variações de binário na ordem de 50% a velocidade pode variar 1% em menos de um segundo e a probabilidade de encontrar o ângulo dentro dos limites requeridos é mínima. Vemos assim que é absolutamente necessário dotar o sistema de um sincronizador automático ou ter uma sequência programada de controlo do aerogerador.

Os geradores síncronos têm capacidade de controlar, através da excitação, a tensão e a potência reactiva gerada, o que era impossível nos geradores assíncronos. No entanto, a frequência é directamente proporcional à velocidade de rotação do rotor pelo que são necessários sistemas de conversão de frequência.

5.1.1.1 Geradores síncronos de ímanes permanentes

Os geradores de ímanes permanentes, com um passo polar reduzido podem ser projectados para a frequência nominal da rede com um diâmetro aceitável. Por outro lado, com um passo polar reduzido, não é possível incluir no rotor um circuito amortecedor eficiente, necessário para um funcionamento estável, o que impede a ligação directa do gerador à rede.

Desta análise verifica-se que a ligação do gerador à rede se torna uma situação complexa pelo que a utilização de um conversor de frequências entre o gerador e a rede permite adaptar a corrente alterna gerada para as condições da recepção. A utilização do conversor de frequência torna possível o funcionamento do aerogerador a velocidade variável, o que aumenta a conversão de energia e reduz a fadiga dos elementos mecânicos, permitindo que as variações bruscas da velocidade do vento sejam compensadas por uma variação de velocidade das partes rotóricas [15], [16], [17] e [18].

5.1.2 Geradores assíncronos

A máquina assíncrona trifásica é constituída por um estátor, no qual está instalado um enrolamento semelhante ao da máquina síncrona, e um rotor que pode ser de dois tipos.

O rotor bobinado possui um enrolamento semelhante ao do estator, cujos terminais estão ligados a anéis metálicos isolados, montados sobre o veio, sendo a corrente conduzida ao exterior através de escovas de carbono que deslizam sobre os anéis. No rotor em gaiola de esquilo – de uso mais generalizado, o enrolamento é composto por barraas condutoras enbebidas em cavas e ligadas em curto-circuito em cada extremo por anéis condutores.

A máquina assíncrona também pode funcionar como gerador, sendo usada em alguns tipos de centrais de baixa potência, alimentadas por fontes renováveis (em particular, centrais eólicas). A corrente de magnetização necessária ao estabelecimento do campo magnético no entreferro é fornecida pela rede eléctrica, contrariamente ao que se passa na máquina síncrona que possui um sistema de excitação próprio. Embora a potência activa absorvida da rede se torne negativa, verifica-se que a potência reactiva se mantém positiva. O gerador assíncrono é, por conseguinte, um consumidor de energia reactiva, a qual deve ser compensada por meio de uma bateria de condensadores. Esta pode ser dimensionada para tornar o gerador um fornecedor líquido de potência reactiva, se as condições de funcionamento da rede o exigirem.

5.2 Aerogeradores
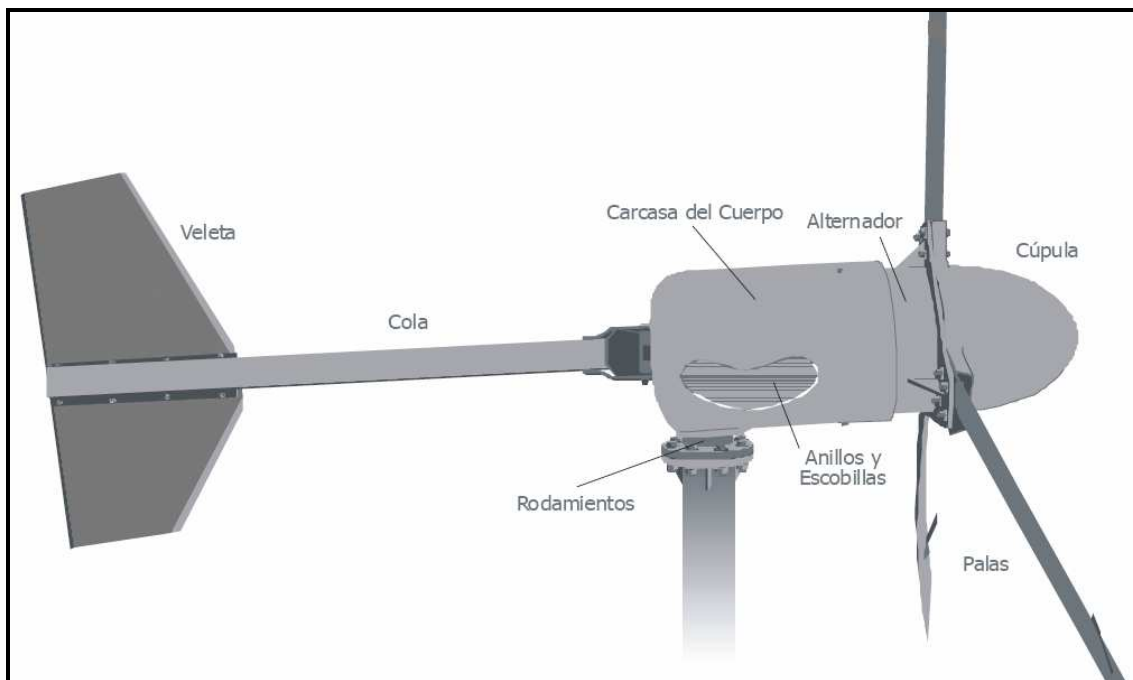
Figura 5.1- Exemplo de um pequeno aerogerador de ímanes permanentes [19]

Os aerogeradores, de 20 kW de potência unitária, considerados ao longo do projecto são aerogeradores de ímanes permanentes, de três pás e a sua orientação é feita através de um leme de orientação. Seguidamente indicam-se as suas principais características, dependentes do fornecedor.

A aplicação de aerogeradores com três pás está generalizado entre os fabricantes, já que preporciona a potência com menores oscilações durante uma volta completa. Para além disso apresenta um melhor equilibrio das forças giroscópias relativamente à aplicação de rotores de duas pás [6].

5.2.1 Controlo de velocidade

Relativamente aos aerogeradores, normalmente de grande potência instalada, vários modelos conceptuais estão actualmente em uso, tanto os de eixo horizontal como de eixo vertical, de velocidade variável ou fixa, com reguladores de velocidade "stall" ou reguladores de velocidade "pitch".

A regulação "stall" é considerada como um sistema passivo em que a velocidade das turbinas é regulada naturalmente pelas características aerodinâmicas das pás, sendo necessário um sistema de travagem para parar o rotor quando necessário. Apresenta como desvantagem uma redução da captação de energia e maior fadiga mecânica das pás.

A regulação "pitch" exerce um controlo activo sobre a turbina, variando o ângulo de inclinação das pás em função das condições do vento. Este controlo permite que a turbina tenha uma maior capacidade de aproveitamento da energia cinética do vento.

A ligação do aerogerador à rede receptora pressupõe que as frequências nominais da máquina e da rede sejam iguais, ainda que o gerador seja capaz de amortecer convenientemente as oscilações para que o funcionamento seja estável. Na prática para que tal aconteça é necessário um elevado número de pólos, o que para os geradores síncronos convencionais acarreta um diâmetro inaceitável [18].

5.2.2 Curvas de potência do aerogerador

Para definir de forma prática as condições de operação do aerogerador, deve conhecer-se a sua curva de potência, a qual nos indica a potência que a máquina está a desenvolver para cada uma das distintas velocidades de vento à altura do rotor. Estes dados dão informação imediata acerca dos valores reais de potência produzida. As seguintes figuras foram obtidas através do programa ALWIN, [Figuras 5.2, 5.3 e 5.4].
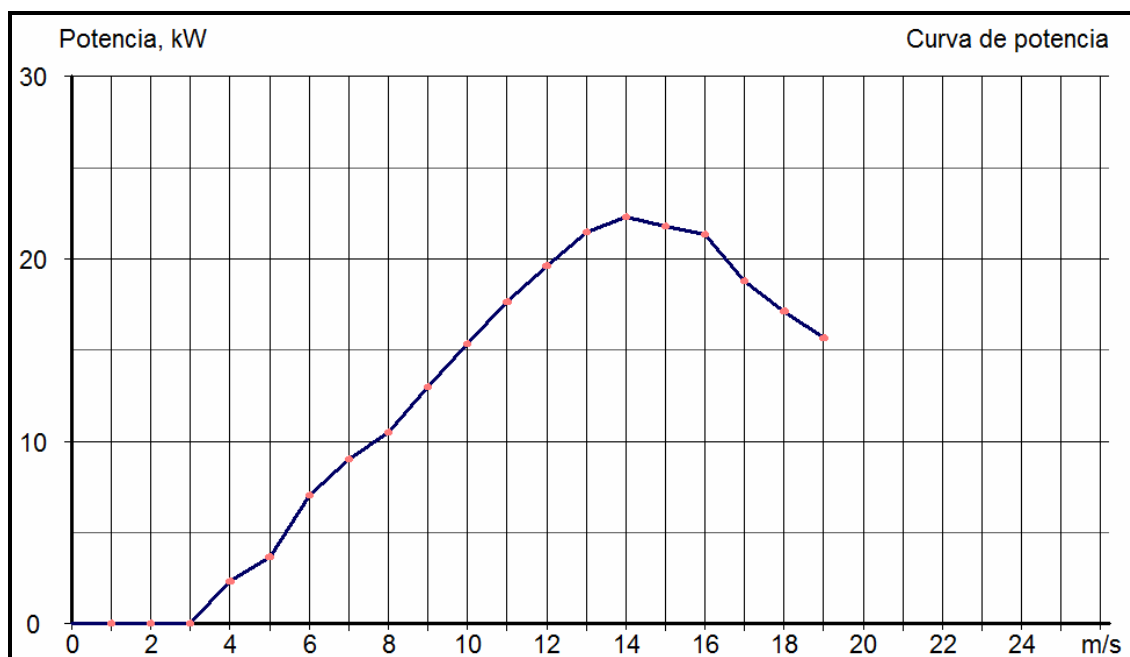
Figura 5.2- Curva de potência do aerogerador de 20 kW da empresa Ceocero [20]
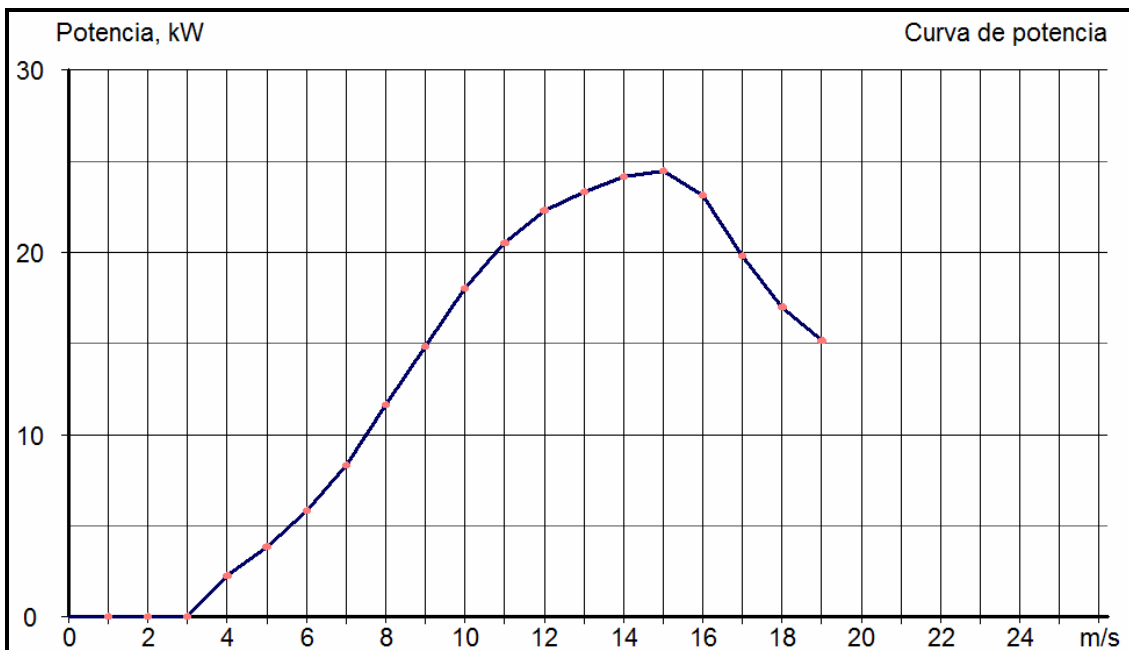
Figura 5.3- Curva de potência do aerogerador de 20 kW da empresa Exmork [21]
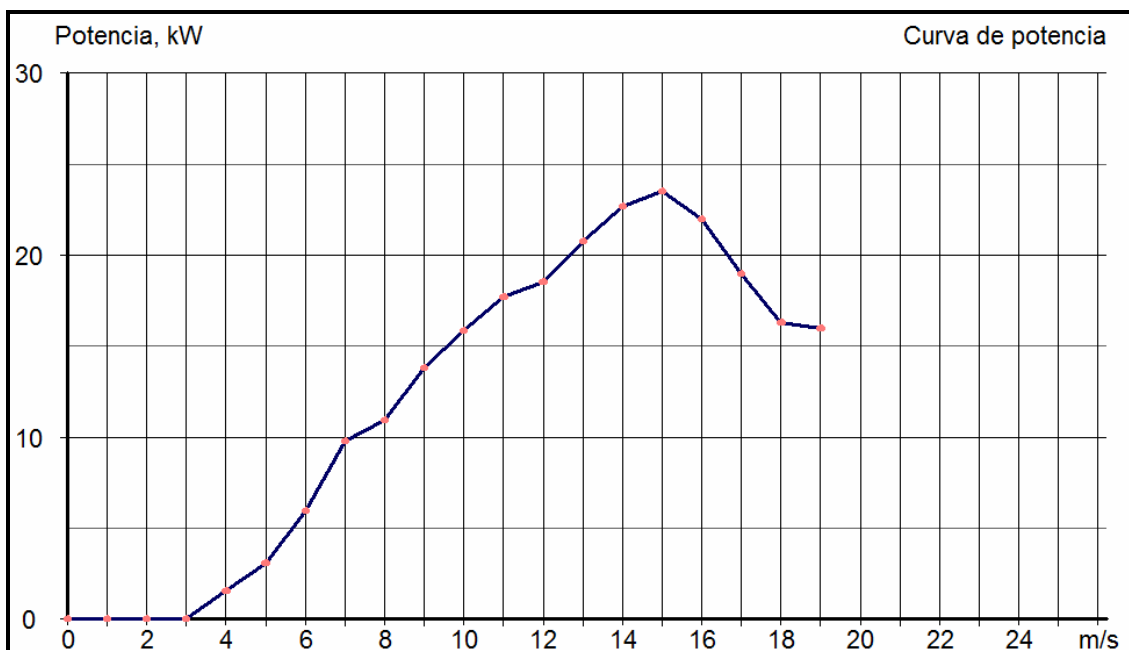
Figura 5.4- Curva de potência do aerogerador de 20 kW da empresa Leiger [22]

5.2.3 Localização dos aerogeradores – generalidades

Tendo em consideração os princípios indicados anteriormente (Capítulo 6 - Efeito de esteira, efeito de túnel e efeito de colina) e as elevadas quedas de tensão da ligação em BT, optou-se por escolher uma localização com bons acessos, por onde facilmente se possam instalar todos os cabos de energia, até ao ponto de ligação (zona industrial). Para além disso, a disposição do terreno permite uma distribuição aproximadamente rectilínia. Esta opção, estéticamente mais agradável, facilita a distribuição dos cabos eléctricos, que assim podem (desde que respeitados todos os limites técnicos) ser enterrados na mesma vala.

O edifíco de controlo será instalado próximo do aglomerado de casas e pelo seu tamanho reduzido, qualidade de construção e bom aspecto geral, não se prevê um significativo impacto visual.

5.2.4 Características gerais

As características gerais dos aerogeradores utilizados no projecto encontram-se resumidos na seguinte tabela [Tabela 5.1].

Tabela 5.1- Características gerais dos aerogeradores

Características	Ceocero	Exmork	Leiger
Diâmetro do rotor (m)	12	10	12
Número de pás	3	3	3
Intervalo velocidade vento utilizável (m/s)	3/30	3/30	3/ 25
Velocidade nominal do vento (m/s)	10	11	12
Velocidade máxima do vento (m/s)	50	50	50
Potência nominal (kW)	20	20	20
Altura da torre	16	18	16
Rotações (rotações/minuto)	140	100	160
Tensão (V)	240/400/600	240	360

5.3 Sistemas de conversão (rectificadores e inversores)

Os sistemas de conversão de frequência baseiam-se em sistemas electrónicos de potência, mais concretamente: um rectificador AC-DC e um inversor DC-AC. Estes sistemas possibilitam uma total manipulação da onda de saída: forma, frequência, factor de potência e tensão. Este tipo de conversores introduzem harmónicos na rede receptora, sendo normalmente esta indicação facultada pelo fabricante através da THD – Total Current Harmonic Distortion (Taxa de Distorção Harmónica). Caso se verifique que o valor fornecido é superior ao admitido pela rede eléctrica, este pode corrigir-se pela instalação de filtros. Uma vez que apenas foram fornecidos dados parcias destes equipamentos, apenas são disponibilizados, no presente trabalho, os seus preços (ANEXO 1 – Etapas principais do projecto – MS Project).

5.4 Torre meteorológica

Será também instalada no parque uma torre meteorológica da empresa – Ammonit, constituída por um medidor da velocidade e direcção do vento e um sensor de temperatura. A torre conta também com um sistema de protecção contra descargas atmosféricas e a sua instalação é feita por uma outra empresa – Antelco, dedicada a este tipo de serviços (ANEXO 5 - Estação meteorológica).

5.5 Edifício de controlo

O parque eólico disporá de um edificio, pré-fabricado em betão, para a exploração y controlo do parque. A sua superfície é de 11,2 m^2 (4,00x2,80x2,40m), tem paredes e tecto impermeável com isolamento térmico e junto ao solo tem entradas e saídas para cabos de energia.

Esse espaço amplo servirá para a colocação de todos os equipamentos de controlo (rectificadores, inversores e equipamentos de medição/ protecção) e para um pequeno armazém onde se podem guardar todas principais ferramentas e equipamentos de apoio e manutenção do parque.

Antes da instalação do edifício é necessária uma preparação prévia do terreno, (Capítulo 10, ANEXO 4 - Obra civil).

5.6 Equipamentos vários

As principais características dos cabos de energia e respectivas protecções serão detalhados aprofundadamente na secção dedicada à ligação do parque ao SEE.

5.7 Fornecedores

Analisando os diferentes fornecedores foi evidente a falta de opções, principalmente, para a gama de produtos com as potências de interesse (20 kW até aos 100 kW de potência instalada). Este facto impede a produção em massa, reduz a possibilidade de escolha e impede a redução dos preços.

Para que se compreenda a situação actual, um dos fabricantes contactados foi descartado, por motivos de indisponibilidade de material e pessoal (canalizados para a produção de grandes aerogeradores), porque apenas fabrica os seus geradores de pequenas potências (50 kW, 100 kW e 250 kW) para encomendas de, no mínimo, 50 unidades.

De entre todas as empresas que apresentaram, em tempo útil, as características e preços dos seus equipamentos são de destacar as empresas Ceocero e Leiger (Espanha) e Exmork (China).

Todas as empresas forneceram os detalhes pedidos, no entanto, a empresa Exmork destacou-se dos seus concorrentes devido: ao conteúdo da sua página de internet em Inglês, à gama completa de produtos (torres de suporte, aerogeradores, rectificadores e inversores) e pelos seus preços reduzidos. Se a quantidade e qualidade das informações da sua página se explicam pelo interesse na divulgação dos seus produtos, os preços praticados devem-se, essencialmente, ao diferente nível económico da China em relação à CE e ao facto dos preços se encontrarem em Dolares Americanos, benefeciando assim o consumidor da desvalorização actual do Dolar Americano face ao Euro.

Uma vez que o presente projecto pretende analisar a viabilidade económica geral deste tipo de projecto, independentemente dos fornecedores de equipamentos, analisar-se-ão os equipamentos fornecidos por todas as empresas, tendo apenas o cuidado de não misturar, na instalação final, os principais equipamentos de diferentes empresas (aerogeradores, rectificadores, inversores, torres, etc.).

Mantendo-se as características gerais dos equipamentos, desde que as suas vantagens o justifiquem, é possível aplicar equipamentos de outras empresas.

Figura 5.5- Logótipos das empresas fornecedoras [20], [21] e [22]

Capítulo 6 -Obra civil

Os trabalhos da obra civil a levar a cabo para a construção do parque podem resumir-se aos seguintes:

- Abertura, colocação de cabos e enchimento das valas de interconexão dos aerogeradores e os cabos subterrâneos da linha de interligação (ANEXO 4 - Obra civil).
- Preparação prévia do terreno para a instalação do edifício de controlo. Esta preparação consiste na terraplanagem, homegeneização e compactação do terreno antes da colocação em obra, pela empresa fornecedora, do edifício pré-fabricado. Devido às características do terreno (Capítulo 12, ANEXO 2 – Mapas do terreno, orográficos, ocupação do solo e geomorfológicos) não se prevêm dificuldades nesta tarefa.
- Execução de fundações dos três aerogeradores e da torre meteorológica (ANEXO 4 - Obra civil).

6.1 Fundações dos aerogeradores

Com base no software betarm6, efectuou-se o cálculo das Sapatas.

Simplificadamente, de acordo com o programa, considerou-se um pilar quadrado com o peso e dimensões aproximadas à da torre de suporte do aerogerador. Esta simplificação aceita-se, nesta fase, já que o objectivo principal é determinar a orçamentação geral da obra civil a adicionar ao projecto (ANEXO 4 - Obra civil).

6.1.1 Resultados Betarm 6.0

Betão da sapata: B30
Betão limpeza da sapata: B20
Aço: A500

SAPATA TORRE AEROGERADOR - Sapata isolada concêntrica
TENSÃO DO TERRENO Inicial=0,20 MPa Efectiva=0,04 MPa
CARACTERÍSTICAS PILAR
Carga do pilar N=39,20 kN PP sap =440,00 Nsd=718,80 kN
Dimensões do pilar a= 100 cm b= 100 cm
CARACTERÍSTICAS SAPATA
Dimensões da sapata A=B=400,00 cm
Altura da sapata H=110,00 cm D=105,00 cm
ESFORÇOS ACTUANTES Fa=256,71 kN Fb=256,71 kN
ARMADURA (direcção A=B) As(A=B)= 50,40 cm2 realizável c/ 25 Ø 20 (sap.)As(ef.)= 78,54 cm2

VERIFICAÇÃO PUNÇOAMENTO

Perímetro crítico u=7,30 m

Esforços de punçoamento Vsd=65,84 kN Vrd=825,00 kN

Para preparar a fundação terá de se escavar uma vala, quadrada com dimensões superiores à sapata, (por exemplo 5,0 x 5,0 x 1,20), em seguida, deverá compactar-se a base inferior da escavação e verter-se uma capa de 0,15m de betão de limpeza (B20) perfeitamente nivelada. Por cima colocar-se-á a armadura de ferro (25 Ø 20 em ambas as direcções da sapata). Por cima coloca-se o betão de enchimento (B30). O vala circundante deverá ser coberta com material seleccionado, procedente da escavação.

Figura 6.1- Simulação Betarm6.0, cálculo da Sapata dos aerogeradores

6.2 Abertura de valas para colocação de cabos

A abertura de valas para a colocação de todas as canalizações eléctricas tem necessariamente de respeitar uma série de condições técnicas descritas aprofundadamente no regulamento de BT. Neste capítulo apenas será elaborada uma orçamentação geral dos principais custos envolvidos nesta tarefa (ANEXO 4 - Obra civil).

Capítulo 7 - Ligação à rede

As principais informações contidas no presente capítulo têm como referência os documentos [27], [28], [15] e [16].

7.1 Características do transformador

As suas características mecânicas e eléctricas estão de acordo com a recomendação internacional, Norma DMA C52/125-N e apresentam-se de seguida [Tabela 7.1].

Tabela 7.1- Características do transformador de rede eléctrica

Potência estipulada	**630,00 kVA**
Tensão estipulada primária	15,00 kV
Tensão estipulada secundária em vazio	420,00 V
Tensão de curto-circuito	4,00 %
Regulação no primário	+ - 2x2.5%
Grupo de ligação:	Dyn5
Tensão de ensaio à onda de choque (1,2/50 μs)	95,00 kV crista
Tensão de ensaio a 50 Hz 1 min	38,00 kV

7.2 Dimensionamento da rede de Baixa Tensão (BT)

Tendo por base a topologia da rede de distribuição de BT e ainda de acordo com as condições técnicas impostas pelo REAL DECRETO 842/2002, de 2 de Agosto [23], através do qual se aprova o regulamento electrotécnico de BT (BOE núm. 224,18 de Septembro) [24], foram dimensionadas todas as canalizações e as respectivas protecções eléctricas.

É necessário também garantir a selectividade entre as protecções desde os aerogeradores até ao PT, ou seja, em caso de defeito deverá actuar apenas o aparelho de protecção situado imediatamente a montante do referido defeito. Para garantir uma boa selectividade, é necessário assegurar que os calibres de protecções a montante sejam superiores ao calibre das protecções a jusante, sendo esta diferença o mais alargada possível (1,6 a 2 vezes).

Seguidamente, explica-se o método de cálculo do dimensionamento utilizado, concretizando-o para todas as canalizações.

7.3 Método de Cálculo

7.3.1 Corrente de Serviço

Para o cálculo da corrente de serviço, tomou-se como base o valor da corrente por fase de cada instalação, associada à potência contratada, através da seguinte expressão:

$$I_s = \frac{S}{3 \times U_s}, \quad (7.1)$$

Considerando:

- I_s – Corrente de serviço;
- S – Potência aparente da instalação;
- U_s – Tensão simples da instalação (240V).

Esta expressão de cálculo considera a rede alimentada à tensão nominal. Esta aproximação (em rigor deveria ser considerada a tensão no ponto de alimentação) é admissível na fase de projecto, sendo habitual usá-la, também, em relação ao desfasamento. Assim considera-se a tensão nominal com fase nula, correspondendo a origem das fases à origem da instalação.

7.3.2 Condição de aquecimento

A determinação rigorosa do aquecimento de um cabo é difícil, devido à complexidade do fenómeno da dissipação do calor em regime transitório, e ao facto de que na prática certos parâmetros só poderem ser definidos com rigor depois do cabo colocado nas condições próprias de instalação e do meio envolvente. Assim, a determinação da secção dos condutores, segundo o artigo 3 do ITC-BC-07 do *REAL DECRETO 842/2002 [25]* [Tabela 7.2, 7.3], deverá atender às correntes máximas admissíveis (I_z) em regime permanente para que o aquecimento resultante dessas condições não seja exagerado para os materiais que constituem a canalização. O valor da corrente máxima admissível poderá ser obtido através de tabelas de fabricantes de cabos eléctricos, verificando-se que $I_s \leq I_z$.

Se existirem cabos instalados numa mesma vala (enterrados em grupo) estes poderão influenciar-se termicamente, limitando assim a corrente máxima admissível, através de um factor de correcção (f_c) para determinar a nova corrente máxima admissível (I'_z), conforme o número de sistemas enterrados na mesma vala [Tabela 7.4 e Figura 7.1].

Tabela 7.2- Temperatura máxima dos condutores em regime permanente (%) [25]

Tipo de isolamento	Temperatura máxima °C	
	Regime permanente	**Curto-circuito t ≤ 5s**
Policloreto de Vinilo (PVC)		
S ≤ 300 mm2	70	160
S > 300 mm2	70	140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno Propileno (EPR)	90	250

Tabela 7.3- Corrente máxima admissível para cabos tetrapolares em instalação enterrada [25]

CABOS	Secção nominal dos condutores (mm^2)	Intensidade (A)
3 x 50 Al + 16 Cu	50	160
3 x 95 Al + 30 Cu	95	235
3 x 150 Al + 50 Cu	150	305
3 x 240 Al + 80 Cu	240	395

Tabela 7.4- Factor de correcção para grupos de cabos trifásicos ou cabos monopolares [25]

Separação entre os cabos	Factor de correcção – Número de cabos por vala							
	2	3	4	5	6	8	10	12
D = 0 (em contacto)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d = 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53	0,50
d = 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d = 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d = 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d = 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62
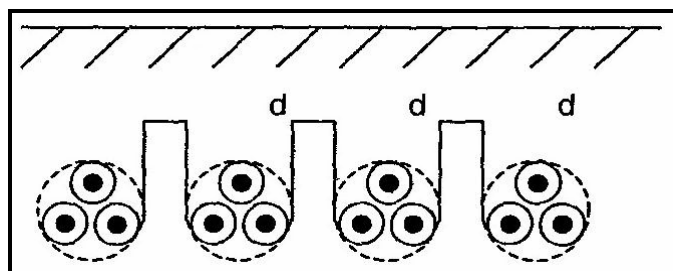
Figura 7.1- Distâncias mínimas entre cabos [25]

Está previsto um espaçamento, mínimo de 0,20 m, entre os bordos mais próximos de duas canalizações vizinhas, permitindo assim o estabelecimento de um compromisso entre a influência térmica das duas canalizações, a largura das valas, os riscos de deterioração durante a colocação das canalizações e possíveis situações imprevistas como por exemplo acidentes.

Considerou-se, neste dimensionamento, que não existe redução do neutro nas canalizações principais.

7.3.3 Quedas de tensão

De acordo com o *ITC-BT-11 del Reglamento electrotécnico para baja tensión aprobado por REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto. BOE núm. 224 del miércoles 18 de septiembre* [26], a queda de tensão máxima admissível será a que a empresa distribuidora (Unión Fenosa) estabelecer. Assim, consideramos que as variações de tensão em qualquer ponto da rede de distribuição não deverão ser superiores a ±8 % da tensão nominal da rede.

As elevadas quedas de tensão, que podem atingir uma percentagem não desprezável da tensão de alimentação, surgem essencialmente nos cabos de BT. Este problema, que se deve à forte componente resistiva dos cabos é agravado pelo aumento do comprimento da canalização e também pelas situações de

funcionamento com períodos de intensidade elevada. Estes períodos, mesmo ocorrendo por instantes influenciam a escolha da secção do ponto de vista térmico.

O cálculo das quedas de tensão é efectuado troço a troço, sendo a queda de tensão no ponto de injecção à rede igual à soma de todos os troços que ligam a ponto de produção de energia até ao ponto de injecção.

A queda de tensão pode ser calculada usando a seguinte expressão:

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos(\varphi) + X \cdot I \cdot sen(\varphi)\,, \qquad (7.2)$$

Considerando:

- ΔU - Queda de tensão (V);
- I – Corrente em regime permanente (A);
- R - Resistência do cabo (Ω / km);
- φ - Desfasamento entre a corrente e a tensão;
- X - Reactância do cabo (Ω / km).

Embora os meios de cálculo disponíveis actualmente permitam realizar com facilidade o cálculo da queda de tensão com esta expressão, é tradicional a utilização de uma expressão aproximada, útil em determinadas circunstâncias, que se baseia no conhecimento de que os factores de potência são, em geral, bastante elevados ($\cos(\varphi) \approx 1$) e em que a queda de tensão é normalmente muito inferior à tensão nominal. Nas redes de BT faz-se também a seguinte simplificação, R>>X o que origina que If>>Iq, desta simplificação resulta expressão (11.3).

$$\Delta U \cong L_{cabo} \times R_{fase}^{T_{func}} \times I_s\,, \qquad (7.3)$$

Considerando:

- L_{cabo} - Indutância do cabo (H/ km);
- ΔU - Queda de tensão (V);
- $R_{fase}^{T_{func}}$ - Resistência do cabo à temperatura de funcionamento (ºC) (Ω / km) - (Equação 11.4);
- I_s - Corrente de serviço do cabo (A).

Uma vez que a temperatura dos cabos é variável, em regime permanente, dependendo do tipo de isolamento, podem tipicamente assumir os valores de 40ºC, 70ºC, 90ºC, etc.. Normalmente a resistência a utilizar no cálculo da queda de tensão é a fornecida pelos fabricantes, para os cabos escolhidos, considerando a temperatura de 40˚C (isolamento em PVC).

Quando as resistências são considerando a temperatura de 20 ºC, este valor pode ser corrigido aplicando a equação (11.4).

$$R_{cabo}^{T_{func}} \cong R_{cabo}^{20^{\circ}C} \times \left(1 + \alpha \times \left(T_{func} - 20\right)\right), \qquad (7.4)$$

Considerando:

- $R_{cabo}^{T_{func}}$ - Resistência do cabo à temperatura (ºC) de funcionamento (Ω / km);
- $R_{cabo}^{20^{\circ}C}$ - Resistência do cabo à temperatura de 20 ºC (Ω / km);
- α - Coeficiente de termo resistividade (ºC^{-1});
- T_{func} - Temperatura de funcionamento (ºC).

7.3.4 Protecção contra sobrecargas

A previsão de situações da utilização excessiva dos circuitos (sobrecarga) leva à necessidade da protecção, nomeadamente, através da instalação de disjuntores.

As características de funcionamento dos aparelhos de protecção em causa deverão satisfazer simultaneamente as seguintes condições:

$$\begin{cases} I_S \leq I_n \leq I_Z \times f_C \\ I_f \leq 1{,}45 \times I_Z \times f_C \end{cases}, \qquad (7.5)$$

Considerando:

- I_s - Intensidade de corrente de serviço da canalização;
- I_n - Intensidade de corrente nominal do aparelho de protecção;
- I_z - Intensidade de corrente máxima admissível da canalização;
- I_f - Intensidade de corrente convencional de funcionamento do aparelho de protecção;
- f_C - Factor de correcção [Tabela 7.4].
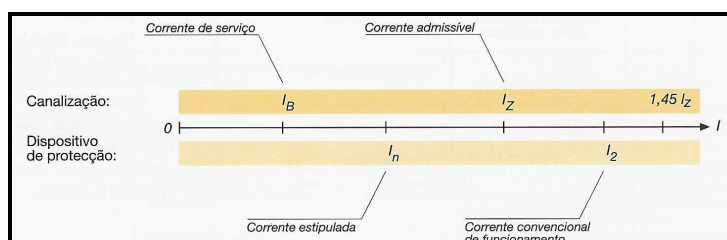
Figura 7.2- Intensidades de funcionamento dos diferentes aparelhos

7.3.5 Protecção contra curto-circuitos

Em caso de curto-circuitos os cabos veiculam uma intensidade muito mais elevada do que a sua capacidade de transporte em regime permanente. O tempo de passagem desta intensidade corresponde ao tempo necessário ao corte pelos dispositivos de protecção que é, no entanto, muito curto, não ultrapassando, no máximo alguns segundos. Podemos então admitir que a alma do cabo seja levada a uma temperatura substancialmente superior à corrente que é autorizada em regime normal, sem prejuízo para o isolamento.

Assim, o dimensionamento destes dispositivos de protecção abrange dois aspectos. Por um lado, o cálculo do poder de corte adequado do aparelho que interrompe a corrente de curto-circuito e, por outro lado, é necessário garantir que o corte é realizado antes de se atingir a temperatura limite admissível da canalização. Portanto, a intensidade de corrente nominal dos aparelhos de protecção contra curto-circuitos deverá ser determinada de modo que a corrente de curto-circuito seja cortada antes de a canalização atingir a sua temperatura limite admissível.

Desta forma, teremos de determinar o tempo de fadiga térmica da canalização (t_{ft}) e garantir que o tempo de corte, ou actuação, do aparelho de protecção (t_{ap}) seja inferior a esse valor determinado. O tempo de corte do aparelho deverá também ser inferior a 5 segundos.

$$\sqrt{t_{ft}} = k \times \frac{S_{neutro}}{I_{cc}^{min}} \ , \tag{7.6}$$

$$t_{ap} \leq 5 segundos \ , \tag{7.7}$$

$$t_{ap} \leq t_{ft} \ , \tag{7.8}$$

Considerando:

- t_{ft} – Tempo de fadiga térmica da canalização (s);
- k – Constante que assume o valor 74 para cabos em alumínio e 115 para cabos em cobre, isolados a PVC;
- S_{neutro} – Secção do condutor de neutro (mm^2);
- I_{cc}^{min} – Corrente de curto-circuito mínima, é a corrente que resulta de um curto-circuito franco;
- t_{ap} – Tempo de actuação da protecção (s).

O tempo de actuação (t_a) dos vários disjuntores, em função da corrente de curto-circuito, é obtido a partir das suas curvas características de funcionamento.

A expressão utilizada para o cálculo da corrente de curto-circuito mínima acima referida, é a seguinte:

$$I_{cc}^{min} = \frac{0.95 \times U_{ns}}{1.5 \times \sum_{i=1}^{n} \left(R_{fase(i)}^{20°C} + R_{neutro(i)}^{20°C} \right) \times L_i} \ , \tag{7.9}$$

Considerando:

- I_{cc}^{min} - Corrente de curto-circuito mínima, é a corrente que resulta de um curto-circuito franco;
- 0.95 U_{ns} - 95% da tensão simples existindo neutro, ou 95% da tensão composta na ausência do mesmo (corresponde a uma diminuição de 5% da tensão após a ocorrência do defeito);
- $R_{fase(i)}^{20°C}$) e $R_{neutro(i)}^{20°C}$ - Resistências de fase e de neutro do cabo i, respectivamente a 20ºC (Ω/km);
- L_i – Comprimento do cabo i (km);
- N - Número de troços envolvidos entre o PT e o aerogerador .

No caso de as condições não serem verificadas será necessário aumentar-se a secção do cabo, de forma que a resistência diminua, e o valor das correntes de curto-circuito mínimo aumentem, voltando ao ponto inicial de cálculo e verificando, novamente, se as condições de aquecimento, sobrecargas e quedas de tensão são novamente satisfeitas.

Antes de mais, convém referir que:

- Os aerogeradores possuem já protecções contra sobrecargas e curto-circuitos;
- Os rectificadores e inversores possuem já protecções próprias contra sobrecargas e curto circuitos que não permitem a variação do trânsito de potência, ou seja, não permitem o fluxo de energia do sentido do PT para o aerogerador. Considera-se também que o rectificador e o inversor constituem um mesmo bloco, cuja ligação e protecção será a recomendada pelos fabricantes.

As protecções colocadas no início da canalização, junto ao PT que liga o inversor à rede, associadas às protecções do rectificador/ inversor e aerogerador serão suficientes para proteger todas as instalações eléctricas.

Apresentam-se em seguida todos resultados, para os cálculos das protecções das canalizações que ligam o inversor à rede eléctrica.

7.3.6 Protecção das canalizações

Aplicando todas as expressões e restrições detalhadas ao longo deste capítulo (Equações: 11.1 - 11.9) obtiveram-se os resultados, apresentados, na tabela seguinte [Tabela 7.5].

Tabela 7.5- Resultados da protecção das canalizações

Canalizações	Li (m)	Is (A)	S (mm2)	Iz (A) 40°	Iz (A) 40° (corr.)	ΔU (%)	Rf (20°)	Rf (40°)	If	Iccmin (A)	tft (s)
1	145	28,3	50	180	136,8	0,74	0,39	0,42	261,00	1301,29	19,53
2	95	28,3	50	180	136,8	0,49	0,39	0,42	261,00	1986,18	8,38
3	35	28,3	50	180	136,8	0,18	0,39	0,42	261,00	5391,07	1,14
4	450	51	50	180	136,8	4,16	0,39	0,42	261,00	419,31	188,05

Com base nestes resultados garantimos o cumprimento de todas as restrições impostas e, posto isto, apenas resta calcular a corrente de curto-circuito máxima na BT, a que poderá estar sujeita a protecção colocada imediatamente antes do PT, com vista a determinar o poder de corte do disjuntor. De considerar que o aparelho de corte tem uma actuação aproximadamente instantânea e que, de qualquer maneira, seria sempre inferior a 188.05 s, tempo de fadiga térmica, da canalização número quatro.

7.3.1 Curto-circuito na BT

Para o cálculo desta intensidade de corrente de curto-circuito é necessário conhecer a impedância de curto-circuito equivalente da rede distribuidora (referida ao secundário) e também a impedância de curto-circuito do transformador.

O cálculo da impedância de curto-circuito equivalente da rede distribuidora realiza-se utilizando a seguinte expressão:

$$Z_{ccR} = \frac{U_{BTV}^2}{S_{ccR}} \times 10^{-6} \quad , \qquad (7.10)$$

Considerando:

- Z_{ccR} - Impedância de curto-circuito equivalente da rede distribuidora (Ω).
- U_{BTV}^2 - Tensão composta em vazio na BT (V).
- S_{ccR} - Potência de curto-circuito da rede de distribuição (MVA).

Para o cálculo da impedância de curto-circuito do transformador utiliza-se a seguinte expressão:

$$Z_{ccT} = \frac{U_{BT}^2 \times u_{cc}}{S_{TR}} \times 10^{-3} \, , \qquad (7.11)$$

Considerando:

- Z_{ccT} - Impedância de curto-circuito do transformador (Ω);
- U_{BT}^2 - Tensão composta em carga na BT (V);
- u_{cc} - Tensão de curto-circuito do transformador (%);
- S_{TR} - Potência nominal do transformador (kVA).

O cálculo da corrente de curto-circuito na BT realiza-se utilizando os valores calculados nas expressões anteriores, na seguinte expressão:

$$I_{ccBT} = \frac{U_{BT}}{(Z_{ccT} + Z_{ccR}) \times \sqrt{3}} \times 10^{-3} \, , \qquad (7.12)$$

Considerando:

- I_{ccBT} - Intensidade de corrente de curto-circuito na BT (kA);
- U_{BT} - Tensão composta em carga na BT (V);
- Z_{cc} - Impedância de curto-circuito do transformador (Ω);
- Z_{ccR} - Impedância de curto-circuito equivalente da rede de distribuição (Ω).

Substituindo os valores na expressão anterior e calculando obtemos:

Intensidade de curto-circuito na BT (I_{ccBT}) é igual a 15,36 kA.

Ou seja, o poder corte dos fusíveis deverá ser, no mínimo de 16 kA.

7.3.1.1 Resultados

Uma vez que apenas dimensionamos a protecção para a canalização número quatro, as características do aparelho de protecção deveriam ser as seguintes [Tabela 7.6].

Tabela 7.6- Características do aparelho de protecção

Canalização	Is (A)	If (A), 40º (corr.)	In (A)	P_c (kA)
4	51	136,8	[51;136,8]	16,00

Considerando:

- I_s - Intensidade de corrente de serviço da canalização;
- I_f - Intensidade de corrente convencional de funcionamento do aparelho de protecção;
- I_n - Intensidade de corrente nominal do aparelho de protecção;
- P_c - Poder de corte.

7.4 Características dos disjuntores

Como disjuntor mais vulgar fabrica-se o disjuntor magneto térmico que possui um relé electromagnético que protege contra curto – circuitos e um relé térmico, constituído por uma lâmina bimetálica, que protege contra sobrecargas.
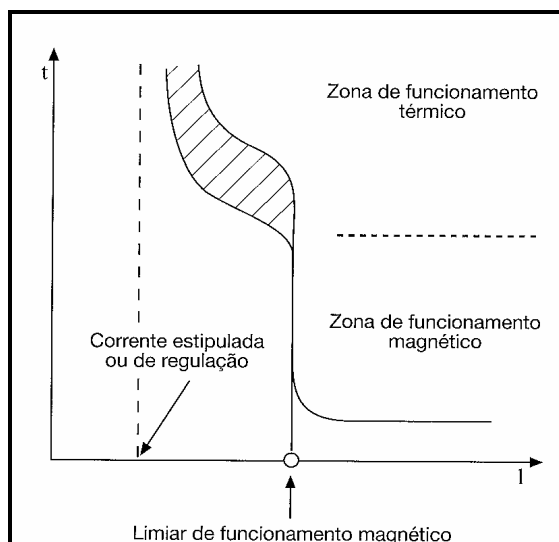
Figura 7.3- Curva característica do disjuntor

Algumas das grandezas associadas aos disjuntores são apresentadas de seguida:

- Corrente estipulada (vulgarmente designada por calibre): valor para o qual o disjuntor não actua (6; 10; 16; 20; 25;32; 40; 50;63; 80; 100; 125 A);
- Corrente convencional de não funcionamento: valor para o qual o disjuntor não deve funcionar durante o tempo convencional (1,13 x In);
- Corrente convencional de funcionamento: valor para o qual o disjuntor deve funcionar antes de terminar o tempo convencional (1,45 x In);
- Poder de corte: corrente máxima de curto-circuito que o disjuntor é capaz de interromper sem se danificar (os poderes de corte estipulados normalizados são: 1,5; 3; 4,5; 6; 10; 16 KA).

7.5 Ligação à Terra

A colocação à terra de protecção, contra descargas atmosféricas, da torre e dos equipamentos sobre ela montados será independente do resto das terras da instalação de acordo com as normas estabelecidas na Instrução Técnica Complementar (ITC), ITC-BT-40 [29].

Capítulo 8 - Estudo de impacto ambiental

O Estudo de impacto ambiental da instalação de produção de energia mini-eólica elaborou-se para fornecer informação objectiva, ao pessoal técnico do órgão ambiental competente, relativamente ao procedimento administrativo da avaliação de impacto ambiental, contemplado na lei 6/2001 de 8 de Maio.

De acordo com a normativa citada, o estudo desenvolve os seguintes conteúdos:

- Resumo das alternativas e justificação da solução adoptada;
- Descrição do projecto e suas acções;
- Realização do inventário ambiental na situação de pré-operação;
- Identificação e descrição dos impactos previsíveis;
- Valorização dos impactos e medidas correctoras;
- Elaboração de um programa de vigilância ambiental;
- Valorização dos impactos.

8.1 Justificação ambiental da solução adoptada

A justificação das soluções adoptadas planteam-se em três níveis de aproximação como representado na figura seguinte [Figura 8.1].
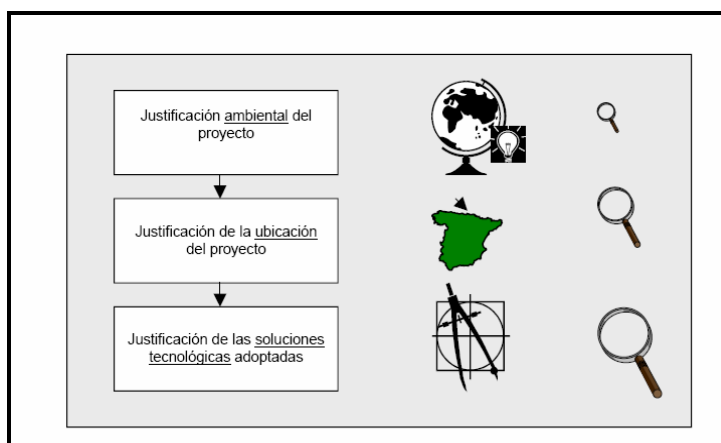
Figura 8.1- Justificação Ambiental [30]

8.1.1 Justificação geral

A construção de uma central de produção de energia mini-eólica baseia-se na necessidade, actual e nas previsões de necessidade futura, de produção energética amiga do meio ambiente.

A energia eólica constitui uma fonte de energia renovável e limpa e tem um elevado grau de fiabilidade e eficiência, com ventos fortes e, inclusive com ventos de baixa velocidade. Por isso as centrais eólicas resultam num meio rentável e eficiente para gerar energia, e uma solução imune à subida do preço do petróleo (contribuindo para a redução da dependência energética dos combustíveis fósseis, e portanto com efeitos positivos para a robustez do abastecimento energético). Mais que isso, a utilização deste tipo de energia contribui para a redução de emissões de gases contaminantes da atmosfera.

8.1.2 Protocolo de Kioto

O protocolo de Kioto sobre emissões de gases de efeito de estufa, ao qual aderiu Espanha, promove o desenvolvimento do uso de energias renováveis contra a alteração climática, em detrimento dos combustíveis fósseis, cujos factores de emissão de gases de efeito de estufa e contaminantes atmosféricos, em geral, são consideráveis.

Para evitar esta tendência crescente do efeito de estufa deve reduzir-se a dependência dos combustíveis fósseis. Por outro lado, a instalação desta central de energia eólica é compatível com objectivos de redução global de emissões de gases de efeitos de estufa a que se comprometeu o governo espanhol no relatório apresentado na convenção do clima de Kioto e em geral com os acordos subscritos nessa convenção.

8.2 Justificação da localização do projecto

As razões que favoreceram esta localização foram então, como já referido anteriormente, a proximidade com a zona industrial, a proximidade da pedreira (considerada área de solo industrial, factor que simplifica o estudo ambiental), os bons acessos e o facto de os campos de cultivo não serem significativamente afectados com a actividade do parque (apesar de seram necessárias medidas adicionais de protecção para a segurança de pessoas e animais). A orientação do terreno também é favorável já que os aerogeradores serão instalados no alinamento e paralelamente à estrada secundária a Norte da autoestrada AG-55 (orientação que coincide com a direcção dos ventos dominantes - NE e SW).

8.3 Justificação das soluções tecnológicas adoptadas

Esta central de produção de energia contará com a tecnologia disponível no mercado que permita a melhor relação entre produção de energia e custo específico. Para isso optou-se por avaliar as propostas de três diferentes fornecedores dos equipamentos com custo mais elevado (Capítulo 9 – Fornecedores).

8.4 Descrição do projecto e suas acções

A central localizar-se-á nos limites de um campo de cultivo, na periferia de uma zona industrial – A Laracha, na província da Corunha.

Resumidamente a central terá 60 kW de potência instalada e uma produção anual de energia bruta estimada, de aproximadamente 140 MWh.

8.4.1 Actuações terrestres

A construção desta planta de produção de energia pode resumir-se aos seguintes elementos:

- Aerogeradores (3);
- Torre meteorológica (1);
- Edificio de controlo (1);
- Obras complementares correspondentes ou valas para a colocação dos cabos de electricidade.

8.4.2 Descrição do projecto

Depois da instalação do parque eólico e da sua colocação em funcionamento, somente se prevêm actividades de manutenção e controlo do parque já que toda a produção de energia é automática.

8.5 Efeitos ambientais

8.5.1 Consumos

Uma vez que este projecto aproveita energias renováveis, nomeadamente o vento, ao longo da produção de energia apenas se utiliza o vento como "produto consumível". Para além disso não há qualquer tipo de emissões gasosas, derrames ou resíduos sólidos decorrentes do normal funcionamento do parque.

Quanto ao ruído, os níveis de emissão sonora de todos os novos modelos de aerogeradores tendem a agrupar-se em torno dos mesmos valores. Actualmente, as turbinas de grande potência nominal desenham-se para reduzir as emissões sonoras e por isso para estes casos o som não é um problema principal para a indústria eólica. Pelo contrário, considerando a energia mini-eólica, devido ao elevado número de rotações por minuto (100/ 160) e à proximidade das turbinas aos centros de consumo, este é um problema a ter em consideração.

Considerando que a distinção entre ruído e som constitui um fenómeno com um alto factor psicológico, não é fácil elaborar um modelo simplificado e universalmente satisfatório do fenómeno do som. Assim, vários estudos indicam que a percepção do som dos aerogeradores por parte das pessoas está mais orientada pela sua atitude para com a fonte do som do que propriamente com o som real.

Apesar do referido anteriormente, na presente localização esse efeito é reduzido, facto este explicável pela proximidade da zona industrial e auto estrada AG-55 [14].

8.5.2 Acções do projecto

As acções do projecto susceptíveis de produzir impacto em alguma das fases da sua execução são as que se indicam em seguida.

8.5.2.1 Fase de construção

1. Instalação de obra;
2. Armazenamento e manipulação de material de obra;
3. Operação e manutenção dos equipamentos de obra;
4. Construção de toda a obra;
5. Provas e colocação em funcionamento da central.

8.5.2.2 Fase de funcionamento

1. Operação e manutenção dos equipamentos da central;
2. Presença de edificações e elementos industriais.

8.5.2.3 Fase de abandono

No caso de abandono ou de cessação da actividade (tempo de vida útil: 25 anos), serão eliminados, todos os elementos que façam parte do projecto incluindo as fundações, devendo ser restaurada a zona. Para o efeito deveria estabelecer-se um plano de eliminação das instalações, onde se incluiriam todas estas medidas. Uma vez que se afasta do âmbito do presente projecto, o referido plano não será elaborado.

8.5.3 Planificação

Estima-se que o projecto, construção, montagem da central terá uma duração aproximada de três meses.

8.5.4 Mão de obra

Relativamente à mão-de-obra, necessária para a execução e funcionamento do projecto, considera-se que esta é variável já que muitas tarefas são elaboradas por equipas e empresas sub contratadas para o efeito. Entretanto, o número máximo simultâneo de trabalhadores é de cinco pessoas.

8.6 Descrição e valorização do inventário ambiental

O objectivo desta secção é descrever e valorizar a situação pré-operacional do meio receptor para posteriormente o comparar com o estado final projectado. Esta comparação proporcionará uma das chaves que permitem valorizar o impacto produzido.

A valorização do inventário realizou-se com base na avaliação da qualidade intrínseca e a fragilidade dos distintos elementos do meio considerado. Por sua vez, a qualidade intrínseca valorizou-se em função dos seguintes parâmetros: Níveis estabelecidos na legislação, diversidade, raridade, grau de naturalidade e produtividade. Obviamente, a aplicabilidade destes factores varia em função do elemento do meio considerado em cada caso.

8.6.1 Critérios de valorização do inventário ambiental

- Fragilidade;
- Qualidade intrínseca;
- Legislação ambiental;
- Diversidade;
- Raridade;
- Naturalidade;
- Produtividade.

Os resultados da valorização do impacto ambiental apresentam-se de forma qualitativa numa escala de quatro intervalos: alto, médio, baixo e muito baixo.

8.6.2 Clima

O clima da Corunha é um clima temperado mediterrânico com algumas influências do clima temperado oceânico. No Inverno, as temperaturas máximas são amenas, mas as mínimas são muito baixas podendo atingir valores abaixo de 0º (zero graus). É também a altura do ano em que a precipitação cai com maior frequência. No Verão, as temperaturas máximas são elevadas podendo atingirem valores acima dos 30º (trinta graus). Nesta altura do ano, a precipitação cai com menor frequência, na tabela 8.1 encontram-se os dados da temperatura média mensal [11].

Tabela 8.1- Médias mensais da temperatura da Corunha [11]

T.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Julh.	Agos.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Temp. (°C)	10,0	9,6	11,2	12,2	14,1	16,8	18,8	19,2	17,8	15,7	12,5	10,4

8.7 Geologia e Geomorfologia

8.7.1 Situação da Galiza

Os terrenos onde se situa o parque são depósitos de origem antropogénica (agricultura), sobre rocha ordinária, muito alterada. O seu valor geológico e geomorfológico é muito baixo, consequentemente, relativamente ao possível interesse paleontológico das formações identificadas, o interesse é nulo (ANEXO 2 – Mapas do terreno, orográficos, ocupação do solo e geomorfológicos).

8.8 Hidrologia e qualidade das águas

A delimitação do âmbito territorial da Galiza-Costa, compreende, tal como se define no artigo 5º da Lei 8/1993 de 23 de Junho, reguladora da administração hidráulica: "São bacias hidrográficas compreendidas integramente dentro do territóro da Galiza, todas as existentes dentro do âmbito territorial da comunidade autónoma, com excepção dos rios Minho, Eo, Navia, Lima e Douro Norte".

Toda a província da Corunha pertence à demarcação de Galiza-Costa, sendo portanto a Serra da Cova da Serpe, pertencente também à denominada Dorsal Galega, o elemento físico principal que a delimita.

A orografia do território pertencente à Galiza-Costa está formada fundamentalmente por relevos graníticos, onde as serras alternam com depressões e vales. As cadeias montanhosas, descritas anteriormente, são de baixa altitude e o relevo galego é complexo e nele claramente dominam as formas inclinadas sobre as planas. A paisagem está portanto caracterizada em geral com a presença de declives fortes.

O referido território estende-se pelas três províncias costeiras da Galiza, isto é. A Corunha, Lugo e Pontevedra, abarcando uma superfície total de 13.072 km2, onde vivem 1.983.661 habitantes que constituem 44,05 % do território galego e 73 % da sua população.

Considerando a divisão administrativa, no âmbito em estudo, fica incluída a totalidade da província da Corunha, o Noroeste da província de Pontevedra e o Norte de Lugo.

A costa é extensa e está próxima dos 1500 km. O Mar cantábrico banha o Norte e o Oceano Atlântico a costa Ocidental. Os elementos mais característicos e definitórios destes ramos costeiros são as rías (vales fluviais inundados pelo mar) [31].

8.8.1 Águas subterrâneas

Os aquíferos aluvianos estão situados seguindo os cursos das grandes artérias fluviais que foram depositando ao longo do tempo as massas de materiais aluviais (cascalho e areias) que hoje constituem aquíferos detríticos. Os aquíferos estão intimamente relacionados com os cursos de água superficiais, actuando estes últimos como influente ou afluente, e inclusive variando o seu comportamento em função da época do ano (cheias, secas, irrigação, etc.). A sua capacidade de regulação é média-alta, respondendo com cadências de semanas ás recargas por infiltração. A interconexão com os cursos de água superficial, a sua configuração como aquíferos livre e a proximidade à superfície do nível piezométrico, faz com que sejam muito vulneráveis a contaminações [31].

Analizando a hidrología específica da própria parcela, verifica-se que esta não é afectada por nenhum curso permanente de água superficial ou subterrânea. Como conclusão, a parcela recebe unicamente as águas da chuva que caem sobre a forma de precipitação directa sobre a sua superfície, sendo que estas águas se infiltram no terreno ou drenam por escorrência. Assim, o impacto ambiental é considerado BAIXO.

8.9 Vegetação terrestre

Trata-se de uma área de terreno plano de cultivo, com presença de alguns pinheiros nas suas periferias. Apesar de não se prever o corte de árvores, devido à ocupação parcial do terreno de cultivo o impacto ambiental considerado é MÉDIO.

8.10 Fauna

Os animais tipicamente mais característicos da Galiza são animais domésticos e correspondem, princialmente, às explorações pecuárias. Entretanto, os bosques e montes galegos albergam uma variedade de pequenos mamíferos (lebres, coelhos) e outros maiores como os javalis e corços.

As principais preocupações a ter em conta são:

1. Animais domésticos de origem pecuária – há que ter preocupações adicionais de colocação de obstáculos e cercas electrificadas se necessário.
2. Espécies de aves – pelo que se pode aclarar a localização elegida não faz parte do trajecto de migração de aves. Assim, não é necessário tomar nenhuma preocupação adicional.

Pelo anteriormente referido o impacto ambiental é BAIXO.

8.11 Factores estéticos – culturais

Na área envolvente do projecto não existe nenhuma jazida arqueológica nem há interferências com nenhuma das presumíveis zonas Arqueológicas da Galiza.

Na central eólica, as torres têm um máximo de 18 m e apesar de todos os cuidados, por exemplo na escolha da sua cor (os aerogeradores e as torres de suporte está pintadas em branco, pintura que facilita a sua confusão com o resto dos elementos da paisagem, sobretudo em dias nubladas ou com neblina baixa, habituais nestas localizações), o impacto visual dos aerogeradores é importante.

Em áreas planas costuma ser uma boa ideia situar as turbinas com uma distribuição geométrica simples, facilmente perceptíveis por um observador. A colocação das turbinas, de forma equidistante, ao longo de uma linha recta, é uma boa solução, inclusive mais elegante, em consonância com os contornos

da paisagem. Esta foi a opção utilizada, instalar os aerogeradores de acordo com os contornos da estrada secundária, seguindo uma linha aproximadamente recta.

Os observadores do parque serão os visitantes e trabalhadores da zona industrial, os moradores próximos do parque e de *A Laracha* e principalmente os utilizadores da auto-estrada AG-55 (Corunha – Carballo). A qualidade intrínseca da paisagem na situação actual é média porém a sua fragilidade é significativa pela configuração actual. No entanto, a paisagem apresenta alguma capacidade de absorção de novos conteúdos paisagísticos.

Sintetizando estes conceitos, considera-se que o impacto na paisagem é MÉDIO enquanto na área envolvente é BAIXO [32] e [14]. Como referência utiliza-se o pior resultado, ou seja, considera-se o impacto ambiental MÉDIO.

8.12 Factores sociais, económicos, políticos e territoriais

O terreno onde se situa a central objecto no presente estudo é privado e a zona, apesar da presença da zona industrial é do tipo agrícola e pecuário, o que pode gerar algumas dificuldades de aceitação. A possibilidade de continuação da actividade agrícola/ pecuária (com perda de uma pequena área de terreno) e as rendas (percentagem do valor da venda de energia) são motivos que tornam estes problemas de aceitação, já referidos, solucionáveis.

Para efeitos de estudo, o grau de desenvolvimento sócio económico, nível de produtividade e nível de bem estar social da zona considera-se elevado.

Sintetizando estes conceitos, considera-se que o impacto do projecto neste campo é BAIXO.

8.13 Síntese do Valorização do inventário ambiental

Pelo referido ao longo do presente capítulo, as características dominantes do meio estudado apresentam uma média qualidade generalizada das variáveis que definem o meio físico. As moléstias e riscos industriais, por tratar-se de um ambiente que se encontra na área de influência de uma zona industrial, baixas e médias. Verifica-se também uma inexistência de elementos de património cultural, histórico, artístico e arqueológico, existindo porém uma qualidade paisagística média, devido à sua localização costeira. O grau de desenvolvimento sócio-económico é baixo-médio porém verifica-se uma planificação territorial ambiciosa em termos de desenvolvimento distrital [8], [33], [34] e [35].

Na tabela seguinte [Tabela 8.2] resumem-se todas as valorações dos impactos ambientais verificados para cada um dos parâmetros avaliados.

Tabela 8.2- Valorização dos impactos ambientais

Parâmetro avaliado	**Impacto ambiental**
Hidrologia	Baixo
Vegetação terrestre	Médio
Fauna	Baixo
Factores estético-culturais	Médio
Factores sociais, económicos, políticos e territoriais	Baixo

Capítulo 9 – Estudo de higiene e segurança no trabalho

9.1 Análise das actividades de obra

Neste capítulo apresentam-se resumidamente, para cada uma das principais actividades da obra, os riscos mais frequentes para os trabalhadores, as normas básicas de segurança, as protecções pessoais e colectivas e as sinalizações a utilizar.

9.1.1 Movimento de terras

O projecto prevê a execução de uma série de escavações, para a preparação do terreno, assim como para a realização de fundações e valas para colocação de condutores.

9.1.2 Fundações

O projecto prevê a execução de uma série de fundações, para a construção das sapatas necessárias para a instalação das três turbinas eólicas e da torre meteorológica.

9.1.3 Montagem dos equipamentos

O projecto prevê a execução de uma série de montagens de equipamentos principais do parque: as turbinas eólicas, os rectificadores e inversores, os cabos eléctricos, protecções, etc.

9.1.4 Instalações eléctricas do parque

O projecto prevê a execução de uma série de diferentes instalações eléctricas no parque: os rectificadores e inversores, os cabos eléctricos, protecções, etc.

A colocação dos condutores de BT, por exemplo, realiza-se em valas e compreende, por exemplo as seguintes tarefas:

- Colocação dos cabos directamente nas valas;
- Colocação de cabos em bandejas;
- Retirada do material inerte das zonas de trabalho.

A instalação eléctrica do parque termina no colector de saída, de onde sairão, de forma soterrada, a linha de evacuação que se conecta à linha de evacuação prevista.

9.1.5 Colocação em funcionamento da instalação

O projecto prevê a execução de uma série tarefas, de comprovação da correcta montagem e funcionamento de todas as conexões, e a posterior posta em funcionamento de todos os elementos.

9.2 Riscos mais frequentes

1. Atropelos e colisões originadas pela maquinaria;
2. Quedas e deslizamentos da maquinaria;
3. Quedas de pessoas ao mesmo e a níveis diferentes;
4. Quedas de material desde as máquinas e veículos;
5. Queda de material nas valas;
6. Inalação de pó;
7. Projecção de partículas;
8. Explosões e incêndios;
9. Desprendimentos e desabamentos de terras;
10. Ruído pontual e ambiental;
11. Esmagamentos e soterramentos;
12. Vibrações;
13. Acidentes devido às condições meteorológicas;
14. Cortes e amputações;
15. Feridas;
16. Sobre esforços;
17. Golpes;
18. Contactos eléctricos directos e indirectos;
19. Atropelos
20. Queimaduras;
21. Afecções dérmicas devido ao contacto com cimentos;
22. Interferências com outras actividades;
23. Falta de iluminação.

9.3 Normas básicas de segurança

1. Os operários que conduzem a maquinaria têm de possuir autorização ou carta de condução necessária para ocupar este posto;
2. A empresa a que pertençam os trabalhadores deverá estar com os pagamentos à segurança social em ordem;
3. Toda a maquinaria a empregar nas obras deverá possuir a correspondente declaração de conformidade ou de adequação ao Real Decreto 1215/97 [36], modificado pelo Real Decreto 2177/2004,de 12 de Novembro [37], manual de usuário e seu livro de manutenção actualizado;
4. As máquinas, se assim o exigir a legislação, necessitam da sua correspondente apólice de responsabilidade civil;
5. Proíbe-se transportar pessoal fora da cabine das máquinas ou em número superios ao dos lugares

permitidos;
6. Proíbe-se ultrapassar a carga máxima nominal dos veículos, assim como superar os esforços máximos previstos;
7. Proíbe-se a utilização da maquinaria e dos elementos auxiliares para tarefas diferentes daquelas para que foram desenhadas e está prevista a sua utilização;
8. As manobras da maquinaria serão dirigidas por uma pessoa distinta ao condutor em caso de falta de visibilidade da área de trabalho;
9. As paredes da escavação e os taludes controlam-se cuidadosamente depois de grandes chuvas ou quedas de gelo ou neve, desprendimentos, ou quando se interrompa o trabalho mais de um dia, por qualquer circunstância;
10. Proíbe-se a presença de pessoal nas proximidades, das máquinas, durante o seu trabalho;
11. A distância mínima entre os trabalhadores, quando estão a trabalhar, será de 1 metro;
12. Para a limpeza normal do fundo das valas e escavações manuais a mais de 3 metros de profundidade utilizam-se pelo menos duas pessoas, situando-se uma delas fora da escavação para auxiliar a outra caso seja necesário;
13. Não se armazenam materiais em zonas de trânsito, retirando objectos que impeçam a passagem.
14. Não se realizará aprovisionamento de materiais nas proximidades das valas;
15. Deve evitar-se, como norma geral, que as rodas dos camiões fiquem a menos de 2 metros das valas;
16. Proíbe-se o manuseamento manual de pesos superiores a 25 kg;
17. Mantem-se sempre as distâncias de segurança dos elementos em tensão;
18. Quando se realizem trabalhos mediante grua, utilizam-se cordas guía para situar correctamente cada elemento no seu lugar, evitando a manipulação manual directa;
19. Não se realiza o acondicionamento de materiais nas proximidades das valas nem em lugares elevados.
20. Quando se trabalhar com um conjunto de grúas, o peso do elemento elevado, não deve superar a carga nominal de elevação de nenhuma delas.
21. Não se circulará por baixo de cargas suspendidas.
22. Proíbem-se os trabalhos em altura sem as correspondentes protecções anti quedas.
23. Defenir-se-há no plano de segurança elaborado pelo contratista, as velocidades máximas de vento permitidas para a realização de cada uma das tarefas.
24. Os operários que realizem a colocação em marcha das instalações, deverão possuir o título, de acordo com a sua actividade.
25. Não de conecta nenhum elemento sem se comprovar que não exista ninguém na proximidade.

9.4 Protecções pessoais

Dotar-se-ão todos os operários da obra com os seguintes equipamentos de protecção individual, deverendo os mesmos ser substituídos quando estiverem deteriorados.

1. Capacete de protecção;
2. Roupa de trabalho;
3. Roupa impermeável (em condições de humidade);
4. Botas de segurança;
5. Botas de segurança, de borracha (em condições de humidade);
6. Botas de segurança, dieléctricas (trabalhos próximos de elementos em tensão);
7. Utilização do cinto de segurança por parte dos condutores da maquinaria;

8. Protecções auditivas (quando necessário);
9. Óculos de protecção anti-impacto (quando necessário);
10. Luvas de protecção contra riscos mecânicos (quando necessário);
11. Luvas finas de borracha para manipulação de cimentos (quando necessário);
12. Luvas de protecção contra riscos eléctricos (trabalhos próximos de elementos em tensão);
13. Mascaras anti-pó (quando necessário);
14. Roupas de alta visibilidade (em zonas de tráfego intenso e em momentos de baixa visibilidade).
15. Cinto de segurança de classe C com linha de 1,5 metros e mosquetões de segurança (trabalhos em altura).

Todos os elementos de protecção pessoal ajustam-se ás condições impostas pelo Real Decreto 1407/1992, de 20 de Novembro [38], pelo qual se regulam as condições para a comercialização e livre circulação intracomunitária dos equipamentos de protecção individual, (BOE núm.311, de 28 de Diciembre e suas modificações [39], (ANEXO 6 - Estudo de higiene e segurança).

9.5 Protecções colectivas

1. Os recipientes que contenham produtos tóxicos ou imflamáveis dispõem de fechos herméticos e são armazenados segundo a legislação vigente;
2. A sinalização e orientação do trafego de máquinas realizar-se-há de forma visível e simples, mediante sinalizações conhecidas por todo o pessoal presente na obra.
3. Colocar-se-ão obstáculos próximos das valas, para a maquinaria em obra.
4. As valas e escavações estarão correctamente sinalizadas, para evitar quedas de pessoal ao seu interior, estando protegidas por varandim rígido no caso de existir risco de queda para um diferente nivel (mais de 2 metros de profundidade).
5. Instalar-se-ão vedações, com resistência adequada, que evitem o acesso a elementos em tensão.
6. Ter-se-á, em todo o momento um kit de salvação eléctrico completo quando se realizem trabalhos em tensão. Este estará composto como mínimo por: vara de salvameno, verificador de tensão, alicate corta cabos, vara isolante, luvas isolantes, frasco de sais reanimadores e caixa de primeiros socorros.
7. Proteger-se-ão adequadamente todos aqueles extremos das peças e arestas que apresentem um risco para as pessoas.
8. Se é possível, protegem-se os lugares com risco se queda mediante varandim rígido.

(ANEXO 6 - Estudo de higiene e segurança)

9.6 Sinalização

1. Sinalizar-se-ão todas as zonas de trabalho e de armazenamento de materiais de forma que se advirta para o perigo que representam, mesmo que as condições de visibilidade sejam mínimas;
2. Sinalizar-se-ão todos os elementos em tensão quando se realizem trabalhos próximos dos mesmos;
3. Em paralelismos ou cruzamentos com estradas e caminhos vizinhos, colocar-se-ão sinais que especifiquem claramente as limitações de velocidade, estreitamentos, sentido de circulação, etc.;

4. Como mínimo, deverão incluir-se os seguintes sinais:
    a. Sinais de STOP e de perigo indefinido nos acessos à obra;
    b. Proíbições de circulação ou direcção única;
    c. Sinais de estreitamento de estrada e de limites de velocidade e estacionamento;
    d. Advertência de zona de obras sinalizada;
    e. Fim de limitações de velocidade, restrições de qualquer tipo e fim de obra;
    f. Sinalização nocturna das obras;
    g. Sinais de STOP nos acessos de veículos de obra e sinais de entrada e saída de veículos onde necessário;
    h. Sinais STOP móveis e direcção única para sinalizações de restrições momentâneas;
    i. Sinais luminosos para situações com falta de visibilidade;
    j. Sinalização de elemenos em tensão.

(ANEXO 6 - Estudo de higiene e segurança)

9.7 Condições dos meios de protecção

1. Dever-se-á comprovar que todos os equipamenos levam a etiqueta CE, que estejam acompanhados do seu manual de uso e que sejam adequados para o risco que devem proteger.
2. Todas as peças de protecção pessoal ou elementos de protecção colectiva, terão fixado um período de vida útil que deve ser respeitado.
3. Quando por circunstâncias de trabalho se produzir um deterioramento mais rápido numa determinada peça ou equipamento, estes deverão ser repostos, independentemente do tempo de vida previsto ou data de início de utilização.
4. Todas as peças ou equipamentos de protecção que tenham sofrido um tratamento limite, ou seja, o máximo para o qual foi concebido (por exemplo um acidente) será descartado.
5. O uso da peça ou equipamento de protecção nunca poderá representar um risco em si mesmo.

9.8 Serviços de protecção e primeiros socorros

9.8.1 Serviço técnico de segurança e saúde

A empresa construtora disporá de um serviço de prevenção de riscos laborais que cubram as quatro especialidades: segurança, saúde, ergonomia e vigilância da saúde. Para além disso é necessário um serviço médico, próprio da empresa ou contratado, assim como um estojo de primeiros socorros, cujo conteúdo mínimo, apresentado de seguida deverá ser verificado mensalmente. A reposição dos consumíveis será imediata [40].

O seu conteúdo mínimo será o seguinte:

1. Água oxigenada;
2. Alcool de 96°;
3. Soro fisiológico;
4. Lidocaína com e sem adrenalina;
5. Betadine®;
6. Gaze gorda;
7. Gaze estéril de diversos tamanhos;
8. Algodão hidrófilo;

9. Ligaduras crepe de 5 e 10 cm;
10. Ligaduras de algodão;
11. Adesivo;
12. Luvas esterilizadas;
13. Seringas e agulhas para administração de injectáveis;
14. Pinças;
15. Tesouras;
16. Material de sutura (linhas, porta-agulhas);
17. Bolsas de borracha para água e gelo;
18. Termómetro digital.

9.9 Responsável de segurança na obra

Nomear-se-há um responsável de segurança da obra pelo construtor, cujos objectivos serão os seguintes:

1. Promover o interesse e a cooperação dos trabalhadores em relação à segurança e saúde no trabalho;
2. Comunicar aos superiores hierárquicos ou directamente ao empresário, as situações de perigo que se podem produzir em qualquer um dos postos de trabalho, propondo as medidas a adoptar;
3. Examinar as condições relativas à ordem, limpeza, ambiente, instalações, máquinas, ferramentas, etc., e processos laborais na obra, comunicando ao chefe de obra a existência de riscos que possam afectar a vida ou saúde dos trabalhadores, de que sejam postas em prática as medidas oportunas de prevenção;
4. Prestar os primeiros socorros aos acidentados e promover, quando necessário, a imediata assistência sanitária que a situação requeira.

9.10 Instalações de higiene e bem estar

As instalações provisórias da obra no que concerne aos elementos, dimensões e características estão de acordo com o especificado no Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubro, (BOE nº 256 de 25 de Octubro), [41], através do qual se estabelecem as disposições mínimas de segurança e saúde nas obras de construção.

São necessários recipientes fechados para facilitar a retirada de desperdícios e lixos que se produzem, pelo pessoal da obra.

Para o serviço de limpeza das instalações higienicas, responsabilizar-se-á uma pessoa, que poderá alternar este trabalho com outros próprios da obra (ANEXO 6 - Estudo de higiene e segurança).

9.11 Plano de segurança e saúde

O contratista está obrigado a redactar um plano de segurança e saúde, adaptando e desenvolvendo-o com os seus meios e métodos de execução próprios. Este estudo terá de conter as normas gerais de cumprimento obrigatório para todos os trabalhadores presentes na obra, comprometendo-se também as empresas contratadas e subcontratadas a cumprir e fazer cumprir as regras de segurança a todos os seus trabalhadores.

Antes de começar as obras, o contratador comunicará por escrito à direcção o nome do responsável

máximo entre os trabalhadores que estão habitualmente nas obras, quem terá em sua posse uma cópia do plano de segurança e saúde elaborado.

No plano de segurança, que se apresente à direcção da obra, deve incluir-se especificamente um plano de emergência, composto por uma página, onde se especifiquem as actuações que se devem realizar em caso de um acidente ou incêndio. Concretamente é necessário como mínimo:

1. Nome, telefone e direcção dos locais para onde devem ser transportados os acidentados;
2. Telefone de estações de táxi mais próximas;
3. Telefone dos corpos de bombeiros próximos;
4. Telefone de ambulâncias próximas.

Sempre que ocorra algum acidente que precise de assistência facultativa, mesmo que seja leve e a assistência médica se reduza a uma primeira intervenção, o chefe de obra realizará uma investigação do mesmo e, para além dos trâmites oficialmente estabelecidos, elaborará um relatório à direcção da obra, especificando:

1. Nome do acidentado;
2. Hora, dia e local do acidente;
3. Medidas preventivas para evitar a sua repetição;
4. Datas limite de realização de medidas preventivas;
5. Responsável por levar a bom termo as medidas preventivas.

Este relatório passará para a direcção, o mais tardar no dia seguinte ao acidente. A direcção poderá aprovar o relatório e exigir a adopção de medidas complementares não indicadas no mesmo [42] e [43].

Capítulo 10 - Sistema de informação

Sem a ambição de desenvolver um sistema de informação completo, que permita entre outras coisas guardar informações acerca da actividade do parque e da sua manutenção, considerou-se importante referir, sucintamente alguns dos princpais campos e informações que seria importante guardar numa base de dados de apoio ao parque eólico e à empresa construtora. Com esse objectivo, pretendem-se elaborar os modelos relacionais [Tabela 10.1 e 10.2] e entidade associação [Figura 10.1] para exemplificar alguns dos parâmetros a considerar [44] e [45].

10.1 Análise de requisitos

Pretende-se, para o presente estudo de desenvolvimento do sistema de informação guardar, numa base de dados as seguintes informações:

- **Para cada cliente:** O seu BI, nome, NIF, direcção, profissão, telefone e email;
- **Para cada técnico:** O seu BI, nome e NIF;
- **Para cada manutenção:** O seu número, data, horas de trabalho, nome do técnico que fez a manutenção, nome do cliente, nome do parque, reparações efectuadas e respectivos equipamentos utilizados (aerogeradores, pás, inversores...);
- **Para cada reparação:** A designação da reparação e o seu preço total;
- **Para cada avaria:** O seu número e a designação da avaria;
- **Para cada parque:** O seu número, nome, direcção, data de início de funcionamento e custo total. É importante manter também leituras das principais grandezas intervenientes com intervalos regulares a definir (número da aquisição de dados, data, direcção do vento e sua velocidade média, energia produzida e energia vendida à rede). Para além disso é importante conhecer cada um dos fornecedores e respectivos equipamentos;
- **Para cada fornecedor:** O seu NIF, nome, direcção, telefone, email e fax;
- **Para cada equipamento:** A referência única de cada um, o tipo de equipamento, o seu preço e respectivo nome do fornecedor.

Tabela 10.1- Modelo relacional

Manutenção	**num_manutenção**	**data_manutenção**	**horas_trab**	**#bi_técnico**	**#bi_cliente**	**#num_parque**	**#des_reparação**	**#ref_equip**	**preço_man**
Cliente	bi_cliente	nome_cliente	NIF_cliente	direcção_cliente	profissão_cliente	telefone_cliente	email_cliente		
Fornecedor	nome_fornecedor	nif_fornecedor	direcção_fornecedor	telefone_fornecedor	email_fornecedor	fax_fornecedor			
Parque	num_parque	nom_parque	direcção_parque	data_in_func	custo_total				
Equipamentos	ref_equip	tipo_equipamento	#nome_fornecedor	preço_equipamentos					
a_d_energia	num_a_d_e	data_a_d_e	energia_produzida	energia_vendida					
a_d_vento	num_a_d_v	data_a_d_v	direcção	v_média					
Técnico	bi_técnico	nome_técnico	NIF_técnico						
Reparação	des_reparação	preço_total_reparação							
Avaria	num_avaria	designação_avaria							
Identificada	#num_avaria	#manutenção							

Tabela 10.2- Legenda modelo relacional

Sigla	Significado
num_manutenção	Número da manutenção
horas_trab	Horas trabalho
preço_man	Preço da manutenção
num_parque	Número do parque
data_in_func	Data de início de funcionamento
ref_equip	Referência do equipamento
#nom_fornecedor	Nome do fornecedor
num_a_d_e	Número da aquisição de dados de energia
data_a_d_e	Data da aquisição de dados de energia
num_a_d_v	Númeo de aquisição de dados de energia
data_a_d_v	Data da aquisição de dados de vento
v_média	Velocidade média
des_reparação	Designação da reparação
num_avaria	Número da avaria
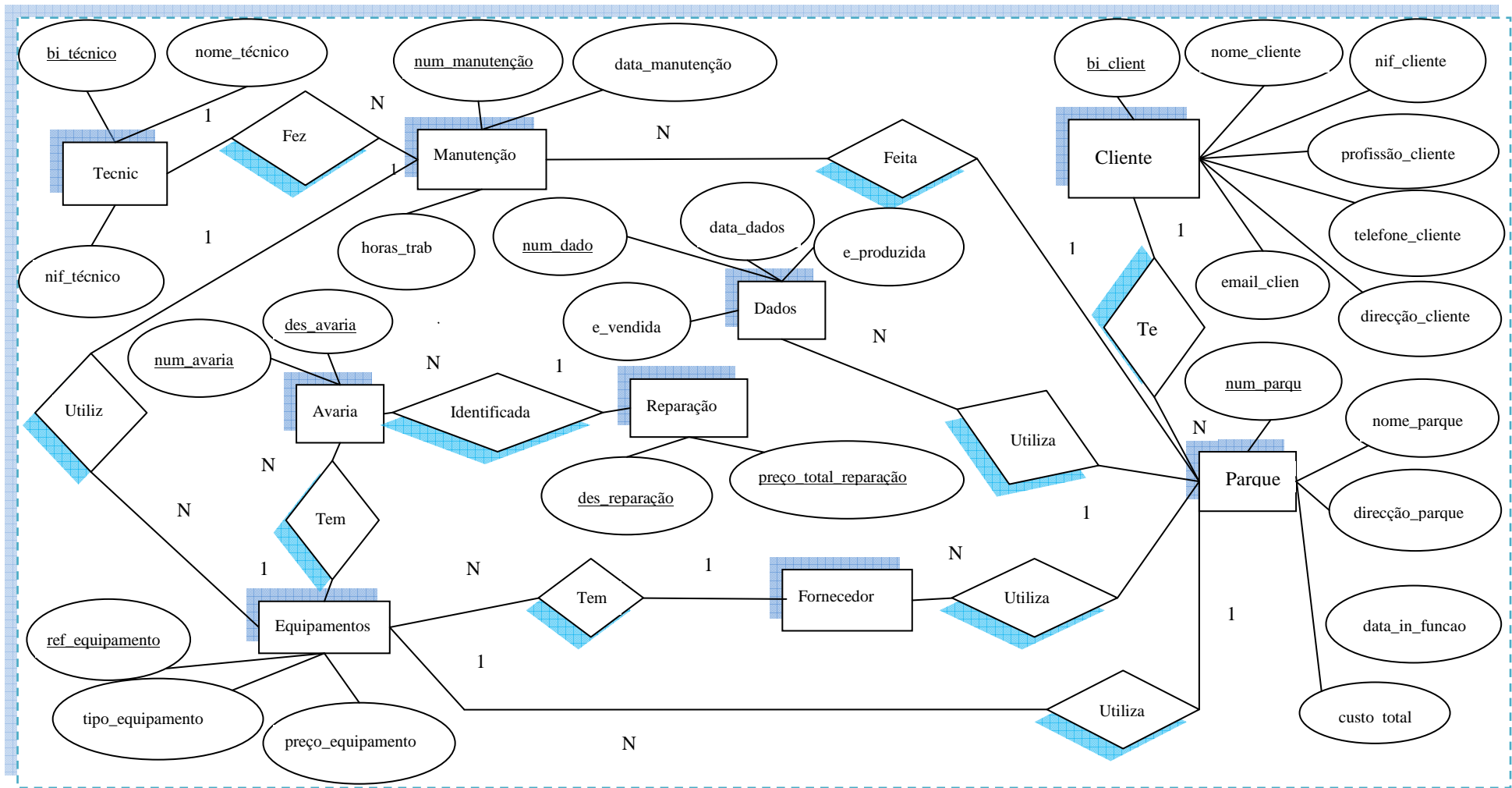
Figura - 10.1- Modelo entidade associação

Capítulo 11 - Estimação de produção de energia

Os dados (temperatura, pressão e velocidade), para análise do recurso eólico, numa situação ideal seriam dados obtidos em intervalos de tempo constantes e regulares, por exemplo, intervalos regulares de 10 minutos para todo o período de interesse. A necessidade de limitar ao máximo o número de pedidos às estações meteorológicas existentes, o peso desses dados e sobretudo o preço de aquisição dos mesmos fizeram com que se optasse por pedir, numa primeira fase, as médias mensais das velocidades do vento e respectivas rosas dos ventos de todas as estações com interesse.

Os dados, apresentados sobre a forma de percentagens de ocorrência de determinado intervalo de velocidade de vento [Tabela 11.1] foram tratados aplicando a expressão (3.8) e considerando-se que os ventos seguem aproximadamente uma distribuição de Weibul [Figura 4.3]. Assim, aplicando-se a expressão representativa da probabilidade de que existam velocidades de vento entre os limites de interesse, subdividiram-se esses intervalos em intervalos constantes de um metro por segundo ([0;1], [1;2], [2;3],...) de modo a poder utilizar o programa ALWIN do instituto Alemão da Energia eólica (DEWI). O programa, entre outras coisas, permite a introdução das velocidades e direcções do vento, as curvas de potência dos geradores e também um prognóstico da energia produzida baseado nesses dados. Se para parques de grande potência instalada seria necessária uma análise mais rigorosa, para o presente projecto, esta análise e consequentes possíveis aproximações são aceitáveis.

Tabela 11.1- Intervalos de velocidade com determinada percentagem de ocorrência (km/h)

Intervalos de velocidade com determinada percentagem de ocorrência (km/h)
[0,5]
[6,12]
[13,20]
[21,32]
[33,50]
[50,∞]
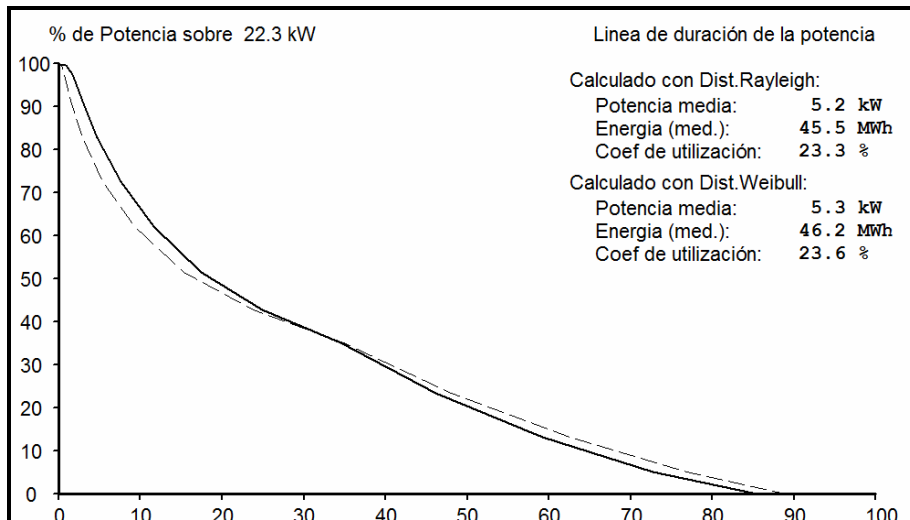
Figura 11.1- Prognóstico anual de produção de energia bruta com os equipamentos Ceocero
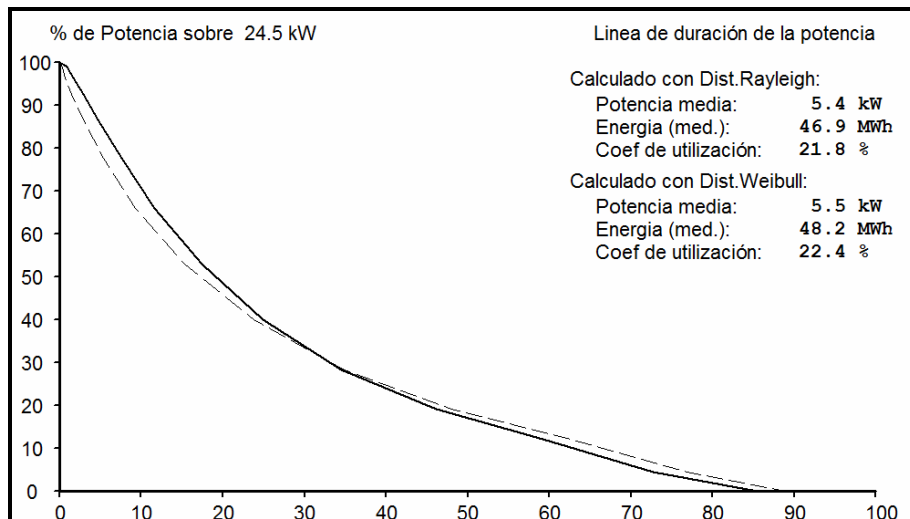
Figura 11.2- Prognóstico anual de produção de energia bruta com os equipamentos Exmork
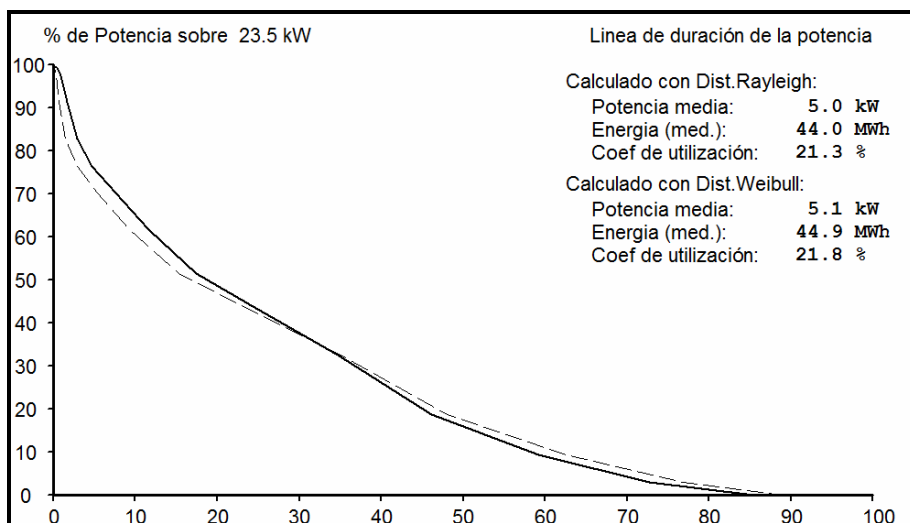
Figura 11.3- Prognóstico anual de produção de energia bruta com os equipamentos Leiger

Os resultados da previsão de energia produzida pelo Parque, resultantes das [Figuras 1.1, 11.2 e 11.3] resumem-se na seguinte tabela 11.2.

Tabela 11.2- Resultados da previsão de energia produzida

Empresas fornecedoras	**Ceocero**	**Exmork**	**Leiger**
Energia anual bruta/ aerogerador (kWh)	46200	48200	44900
Energia anual bruta do parque (kWh)	138540	144480	134640
Remuneração de energia ilíquida/ aerogerador (1ano)	13854	14448	13464
Remuneração de energia ilíquida do parque (1 ano)	41562	43344	40392
Horas equivalentes	2309	2408	2244
Factor de carga	0,26	0,27	0,26

Capítulo 12 - Estudo de viabilidade económica

A construção de um parque eólico mini eólico na zona de *A Laracha* - Corunha justifica-se, em primeiro lugar, pela existência de recursos eólicos suficientes que tornam viável a sua implementação. A análise dos dados de vento dos últimos 5 anos, recolhidos da estação meteorológica do Aeroporto da Corunha, permitiu extrapolá-los para a zona de interesse.

Para conhecer a possível exploração dos recursos eólicos existentes procedeu-se à simulação do parque eólico mediante o tratamento dos dados meteorológicos com o programa ALWIN do instituto Alemão da Energia eólica (DEWI). Uma melhor solução seria a recolha dos dados na localização do parque, e o seu tratamento, com os programas Wasp e PARK do laboratório nacional RISO da Dinamarca, ambos incluídos num mesmo pacote de *software*. Estes *softwares*, permitiriam criar um atlas de vento de toda a área estudada assim como simular o comportamento do parque eólico, situando os aerogeradores no terreno. Os preços elevados do *software* e as importantes limitações da versão de demonstração impossibilitaram a sua utilização [9], [46], [47], [48] e [49].

12.1 Custos de exploração do parque eólico de A Laracha

Os custos anuais de exploração correspondem ao custo de operação e manutenção e seguro, reparações e substituição de equipamentos, arrendamento de terrenos, custo do seguro, impostos locais, custos financeiros ordinários e gastos administrativos e de gestão. Estes custos estimam-se em percentagem sobre a venda de energia, com excepção do custo do seguro e custos de operação e manutenção. Os custos de operação e manutenção relativos ao mau funcionamento dos equipamentos, nos primeiros anos (tipicamente os 2 primeiros anos de garantia) serão da responsabilidade dos fornecedores.

Para efeitos do estudo económico que se segue, independentemente da tecnologia a instalar, consideram-se para os vários custos, as seguintes percentagens sobre as vendas de energia ou sobre o investimento, segundo a situação.

Tabela 12.1- Percentagem sobre a venda de energia

Custos vários	% sobre a venda de energia
Efeito de esteira	4,00%
Perdas eléctricas (rectificadores/ inversores/ cabos…)	10,00%
Aluguer dos terrenos	2,00%
Administração e gestão	1,00%
Impostos locais	1,00%
Gastos diversos	2,00%
TOTAL	20,00%

Tabela 12.2- Percentagem sobre o investimento

Custos vários	% sobre investimento total
Seguro	1%
Manutenção	1%

12.2 Estudo económico-financeiro do parque eólico

Seguidamente referem-se os parâmetros do estudo, calculando-se posteriormente a partir da produção estimada do parque a sua facturação anual. Calculam-se também todos os parâmetros necessários para avaliar a rentabilidade económica do projecto.

Finalmente, elabora-se uma análise de sensibilidade na qual se contempla a possibilidade de modificação dos parâmetros de partida, para comprovar a influência que têm na rentabilidade do projecto.

12.2.1 Parâmetros do estudo

Os resultados da previsão de energia produzida pelo Parque, incluindo incluindo as horas anuais equivalentes de funcionamento e o factor de carga da instalação resumem-se na tabela 12.3.

Tabela 12.3- Resultados da previsão de energia produzida de acordo com a tecnologia utilizada

Empresas fornecedoras	Ceocero	Exmork	Leiger
Investimento total (€)	274561,6	151770,6	284581,6
Energia anual bruta/ 3 aerogeradores (kWh)	138540,0	144480,0	134640,0
Remuneração anual pela venda de energia - ilíquida (€)	41562,0	43344,0	40392,0
Horas equivalentes (h)	2309,0	2408,0	2244,0
Factor de carga (%)	0,26	0,27	0,26

12.2.1 Parâmetros da análise de sensibilidades

O valor do investimento necessário inclui os aerogeradores, a instalação do sistema eléctrico, a obra civil e o edifício de controlo, o sistema de controlo assim como as licenças e gastos administrativos e de financiamento que sejam necessários (ANEXO 1– Etapas principais do projecto – Planificação Microsoft Project).

Os parâmetros económicos que se consideram são os que se descrevem seguidamente [Tabela 12.4].

Tabela 12.4- Parâmetros económicos do parque eólico

Descrição do projecto	Parque mini eólico de A Laracha
Potência Total Instalada	60 kW
Distribuição de Capital:	40% Fundos próprios;
	60% Crédito Bancário.
Vida útil do parque:	25 Anos.
Nº de anos do empréstimo bancário	10 Anos.
Prestações bancárias anuais constantes	6,50%
Taxa de actualização	10%
Taxa de inflação	3%
IRC	30%

12.2.2 Normativa legal em vigor

O real decreto presente no *Boletín Oficial del Estado (BOE) número 126,* que regula, entre outras coisas, a produção de energia eléctrica com base em fontes de energia renováveis, estabelece a obrigatoriedade das companhias eléctricas de comprar a energia fornecida pelos Produtores em Regime Especial (PRE), no nosso caso produtores de energia eólica. Assim, estabelece as tarifas a receber pela venda de energia que apresentam uma bonificação em comparação com as energias convencionais. Estas tarifas têm como objectivo promover o desenvolvimento de produção de energia com base no aproveitamento de fontes renováveis. A diferença entre o valor das energias convencionais e o valor da energia eólica repercute-se no preço da energia eléctrica paga pelos consumidores finais.

Como referido anteriormente (Capítulo 4 – Produção de energia mini-eólica em Espanha), a tarifa eólica regulada de referência (0,073228 €) pertence ao 2º Grupo b.2: Instalações que utilizem unicamente como energia primária a energia eólica e ao subgrupo b.2.2: Instalações situadas em terra.

Antes de calcular os resultados económicos referidos, convém reafirmar e relembrar que com a legislação actual de Espanha não é possível a amortização/ retorno do capital investido e lucro posterior das instalações mini-eólicas nos 20 – 25 anos aproximados de vida útil da instalação.

O presente estudo é elaborado com base numa previsão de tarifa próxima da tarifa mini fotovoltaica em vigor (0,440381 €/kWh). O valor utilizado foi de 0,30 €/kWh, considerando que o preço por kWh instalado das instalações eólicas é consideravelmente inferior ao preço por kWh instalado das instalações fotovoltaicas. É de referir também que apesar de em algumas notícias generalistas e mesmo os fabricantes de equipamentos referirem exemplos de países onde cada vez mais se investe na energia mini-eólica, não foi possível encontrar valores de referência para a venda deste tipo de energia (mini-eólica) que nos permitisse verificar a veracidade das informações. Para efeitos do presente estudo e considerando a realidade espanhola, onde nos últimos anos se investiu e valorizou muito a tarifa da energia mini fotovoltaica utilizaremos o valor, já referido, de 0,30 €/kWh.

12.2.3 Cálculo do VAL, TIR e período de retorno

Para calcular os fluxos de caixa é necessário considerar todas as entradas e saídas de dinheiro produzidas em cada período.

No ano 0 é quando se realiza a totalidade do investimento e se recebe a totalidade do empréstimo.

No ano 1 e seguintes, realiza-se a produção de energia pelo que se produzem ingressos pela sua venda. As saídas de caixa incluem os custos de exploração e a amortização do empréstimo.

Com base em todos estes dados, podem calcular-se os fluxos de caixa correspondentes ao projecto e posteriormente calcular, a partir deles o Valor Actual Líquido (VAL), a Taxa Interna de Rentabilidade /TIR) e o período de retorno ou *payback*.

Para calcular o VAL utilizamos a seguinte expressão:

$$VAL = -I + \sum_{t=1}^{n} \frac{Fct}{(1+i)^t} , \qquad (12.1)$$

Considerando:

- I - Investimento realizado no ano 0 (início do projecto);
- N - Número de períodos em que se desenvolve o projecto (vida útil);
- Fct - Fluxo de caixa (entradas menos saídas) do projecto em cada período;
- i - Taxa de actualização.

A TIR é o valor da taxa de interesse que torna nulo o VAL. Pode interpretar-se como o tipo de interesse que o projecto de investimento é capaz de proporcionar e, portanto, se é superior à taxa de interesse habitual do mercado para investimentos do mesmo risco, o investimento é vantajoso.

O período de retorno ou *payback* é o tempo necessário para recuperar o investimento. Calcula-se como o número de períodos necessários para que a diferença entre o fluxo de caixa acumulado e o investimento do projecto se anula.

12.2.4 Resultados financeiros (VAL, TIR e período de retorno)

Na tabela seguinte podem analizar-se as hipoteses económico-financeiras do projecto e os resultados dos índices financeiros, [Tabela 12.5].

Tabela 12.5- Resultados financeiros (VAL, TIR, Renda fixa, Período de retorno e preço por kW instalado)

Empresas fornecedoras	**Ceocero**	**Exmork**	**Leiger**
Investimento TOTAL (€)	274.561,6	151.770,6	284.581,6
VAL (€)	-11.8305,5	27.791,2	-13.4914,6
TIR (%)	4,27	12,19	3,62
Payback, período de retorno (anos)	>25	15	>25
Preço/kW instalado (€/kW)	4576,0	2529,5	4743,0

Analisando os resultados financeiros obtidos, verifica-se que apenas o projecto que aplica os equipamentos Exmork é economicamente viável, apresentando uma TIR de 12,19 %, um VAL de 27.791,2 € e um período de retorno aproximado de 15 anos.

12.3 Análise de sensibilidades do parque eólico

Partindo dos resultados anteriores [Tabela 12.5] e considerando as três soluções tecnológicas possíveis, realizou-se uma análise de sensibilidades para o VAL e a TIR, modificando os seguintes parâmetros iniciais:

1. Investimento inicial (preço por kW instalado, provável diminuição com o desenvolvimento da tecnologia). Variou-se o preço preço por kW instalado dentro do intervalo: [2000;5000] (€/kW) [Figuras 12.1 e 12.2].
2. Taxas de referência (baseado na EURIBOR actual no espaço Europeu – Banco Central Europeu). O risco associado ao projecto e as garantias oferecidas pelo promotor determinam em grande parte o tipo de juro disponibilizado pelas entidades financeiras. Variou-se a taxa de referência dentro do intervalo: [6;12] (%) [Figuras 12.3 e 12.4].
3. Variação da tarifa a receber pela venda de energia (dependendo do valor fixado em real decreto). Variou-se a tarifa dentro do intervalo [0,20;0,50] (€/kWh), [Figuras 12.5 e 12.6].
4. Número de horas equivalentes anuais de funcionamento do parque (variação de acordo com as características do vento). Variaram-se as horas equivalentes dentro do intervalo: [1600;2600] (h), [Figuras 12.7 e 12.8].

12.3.1 Resultados da análise de sensibilidades do parque eólico

De acordo com a alteração dos parâmetros iniciais realizaram-se novamente os cálculos económicos, tendo-se obtido os seguintes gráficos representativos das variações do VAL e da TIR [Figuras 12.1 – 12.8].

12.3.1.1 Variação do investimento inicial (kW instalado)

A alteração do investimento (sobre a forma da variação do preço por kWh/ kW instalado), como seria de esperar, leva a uma homogenização dos resultados, tornando todos os equipamentos aplicados rentáveis. Pela análise dos gráficos seguintes [Figuras 12.1 e 12.2] verifica-se que quanto menor o preço por kW instalado, maiores serão o VAL e a TIR. Este resultado seria o esperado com o desenvolvimento da tecnologia actual de modo a permitir baixar os preços dos equipamentos e assim tornar rentável este tipo de instalações. Este desenvolvimento fica, no entanto, condicionado pelas alterações na legislação, favoráveis à energia mini-eólica.
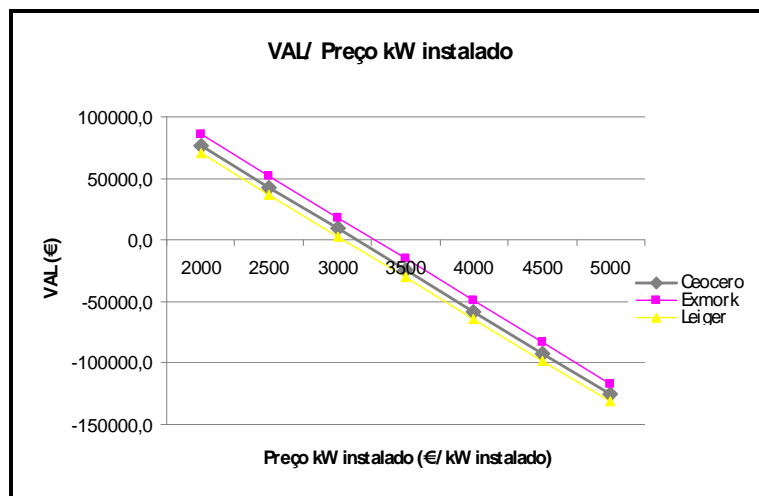
Figura 12.1- Variação do VAL com o preço por kW instalado
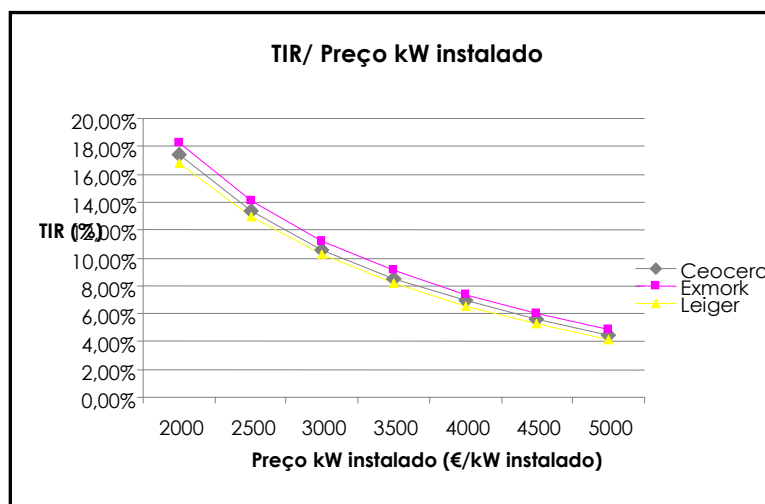
Figura 12.2- Variação da TIR com o preço por kW instalado

12.3.1.2 Variação das taxas de referência

Pela análise dos gráficos seguintes [Figuras 12.3 e 12.4] verifica-se que o aumento da taxa de juro aplicada ao empréstimo bancário implica uma diminuição do VAL/ TIR, já que altera os valores de fluxo de caixa futuros. No entanto, contrariamente ao que seria de esperar, as variações de estrutura financeira não são excessivamente relevantes comparativamente com os outros factores avaliados. Uma possível explicação, prende-se com o facto, de que a margem entre o custo de produção e a tarifa a receber pela venda de energia, é suficiente para absorver as variações dos parâmetros do investimento, sem comprometer a rentabilidade do projecto.
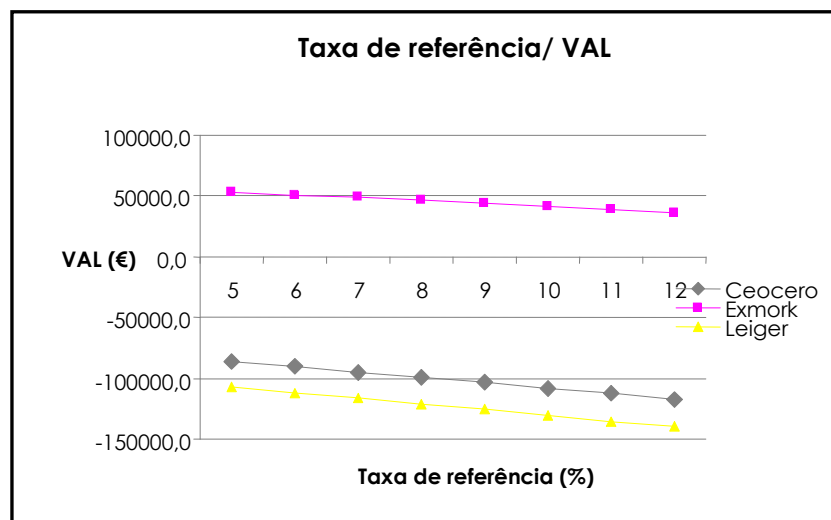
Figura 12.3- Variação do VAL com a taxa de referência
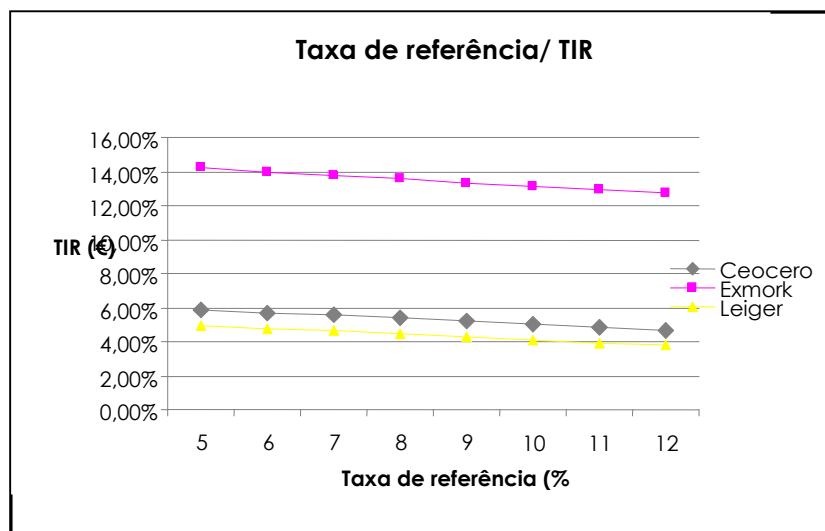
Figura 12.4- Variação da TIR com a taxa de referência

12.3.1.1 Variação da tarifa

À semelhança do que acontece actualmente em Espanha com as instalações mini fotovoltaicas (a tarifa regulada paga ao produtor é garantida ao longo de 20 anos, sofrendo posteriormente uma diminuição da bonificação), o preço escolhido para o kWh de energia mini-eólica produzida baseou-se numa previsão. Por isso mesmo é importante avaliar qual seria o preço adequado (do ponto de vista do produtor) a receber pela energia produzida, mantendo constantes os actuais preços dos equipamentos e consequentemente o investimento inicial.

Pela análise dos gráficos seguintes [Figuras 12.5 e 12.6] verifica-se que a diminuição da tarifa de energia leva a uma diminuição dos ingressos e consequentemente a uma diminuição do VAL e TIR. Para a tecnologia Ceocero, o projecto seria rentável a partir de uma tarifa de 0,45€, para a tecnologia Exmork o projecto seria rentável a partir de uma tarifa de 0,25€ e para a tecnologia Leiger o projecto seria rentável a partir de uma tarifa de 0,50 €.
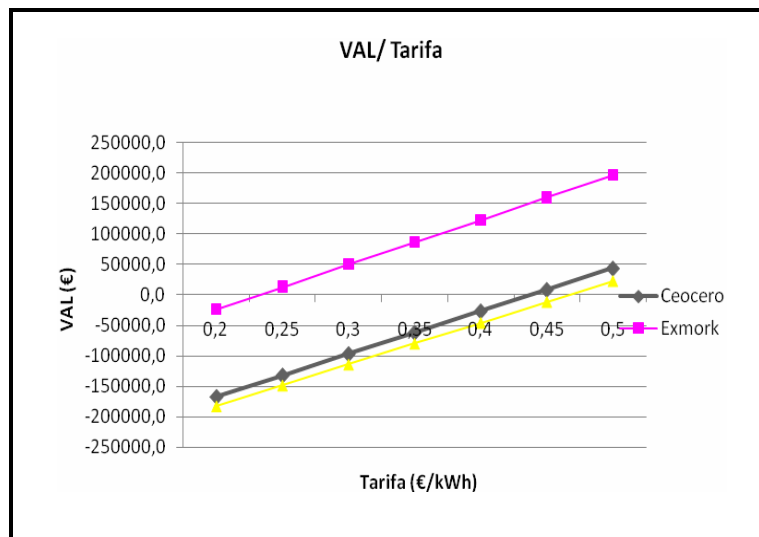
Figura 12.5 - Variação do VAL com a tarifa
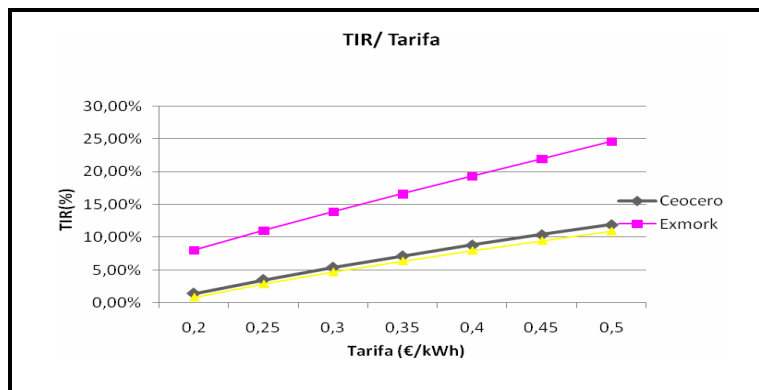
Figura 12.6- Variação da TIR com a tarifa

12.3.1.2 Variação de número de horas equivalentes anuais

Como se verifica pela análise dos gráficos seguintes [Figuras 12.7 e 12.8] tanto a TIR como o VAL aumentam com a melhoria das características do vento (alteração introduzida pelo aumento do número de horas equivalentes anuais).

De notar, no entanto, que devido ao elevado valor de horas equivalentes anuais do nosso projecto (aproximadamente 2400h), uma diminuição do número de horas equivalentes anuais, por exemplo devido a uma sobreavaliação do recurso eólico poderá variar a rentabilidade de todas as tecnologias, inviabilizando a sua rentabilidade. Este facto é extremamente importante já que, uma visão demasiada optimista na produção de energia eléctrica poderá, caso a totalidade da produção não se verifique, colocar em risco a viabilidade económica do projecto. Mais uma mais uma vez se alerta para a necessidade de comprovação dos dados de vento no local escolhido para a instalação (confimação esta só possível com a colocação, antecipada de uma, ou várias torres de medição meteorológica (Capítulo 8 – Generalidades sobre os equipamentos a utilizar e ANEXO 5 - Estação meteorológica).
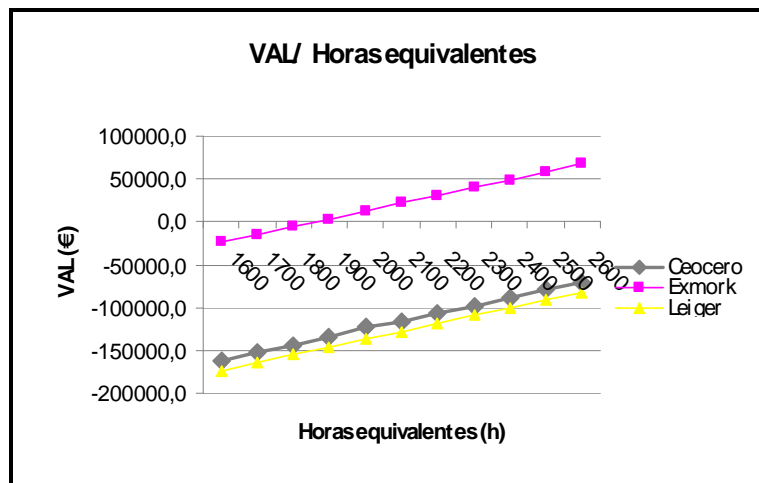
Figura 12.7- Variação do VAL com o número de horas equivalentes
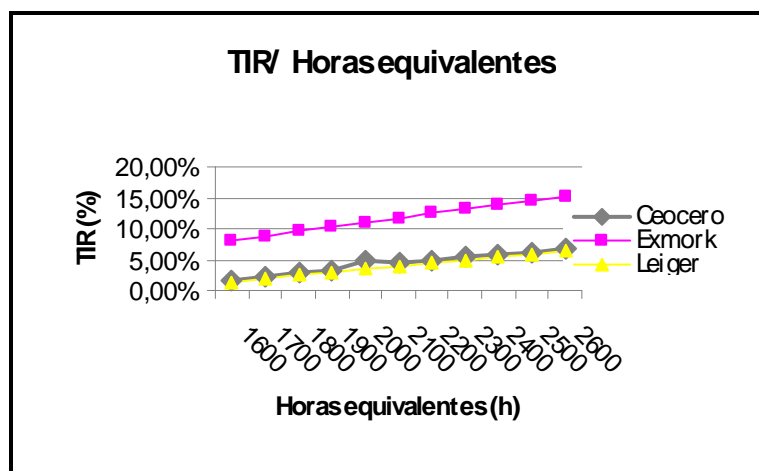
Figura 12.8- Variação da TIR com o número de horas equivalentes

12.3.1.3 Conclusões da análise de sensibilidades

Como conclusões a extrair da análise de sensibilidades, os parâmetros que têm maior importância são os que afectam directamente os ingressos, é o caso da variação do número de horas equivalentes anuais e da tarifa da energia produzida. A diminuição do investimento inicial, devido à diminuição do preço dos equipamentos, afecta consideravelmente a rentabilidade. Por outro lado o aumento das taxas de juros de referência não afecta de maneira significativa os resultados financeiros.

Para além da rentabilidade puramente económica e financeira que tornam o projecto viável ou inviável, outros factores e valores sócio-económicos devem ser considerados, nomeadamente de um ponto de vista social. Trazendo este tipo de instalações uma componente tecnológica às localidades e um rendimento aos municípios e aos proprietários do terreno, pelos impostos e taxas a pagar e pelos valores do aluguer dos terrenos.

12.4 Estudo económico-financeiro considerando apenas 1 aerogerador (20kW de potência instalada)

A colocação de três torres eólicas, no parque abordado no presente estudo, deveu-se principalmente à necessidade de, aproveitando as soluções existentes no mercado, maximizar a potência instalada, aproximando-a ao limite máximo imposto dos 100 kW de potênca instalada, e também para mais facilmente especificar alguns dos fenómenos relativos à realidade dos parques eólicos (Capítulo 6 – Localização do parque). Apesar disso é evidente que quanto maior o número de aerogeradores a instalar, maiores serão os gastos fixos (fundações, torres de suporte, ocupação do terreno, número de equipamentos, aumento de comprimentos das canalizações, etc.). Este aumento do custo com o número de instalações não é proporcional ao custo de instalação de apenas um aerogerador com potência equivalente instalada, ou seja, a instalação completa de um único aerogerador de 60 kW de potência instalada teria um custo significativamente mais reduzido que a instalação de três aerogeradores com potência unitária de 20 kW. Por outro lado os ingressos, parte muito importante para a viabilidade do projecto, seriam aproximadamente os mesmos.

Com vista a determinar qual o melhor número de aerogeradores a instalar, elaborou-se uma pequena análise económica considerando a situação de ter apenas uma torre eólica no parque, em vez de três.

12.4.1 Resultados financeiros (VAL, TIR e período de retorno)

Considerando os mesmos pressupostos e parâmetros económicos, aplicados para o estudo económico do parque [Tabela 12.4] (com excepção da potência instalada que seria igual a 20 kW) e fazendo uma análise cuidada e ponderada dos vários custos inerentes à instalação, obra e outros, calcularam-se novamente os resultados da previsão de energia produzida por um aerogerador [Tabela 12.6], e os resultados financeiros [Tabela 12.7].

Tabela 12.6- Resultados da previsão de energia produzida de acordo com a tecnologia utilizada

Empresas fornecedoras	Ceocero	Exmork	Leiger
Investimento TOTAL (€)	116098,3	76501,71	119438,7
Energia anual bruta/ 1 aerogeradores (kWh)	46180	48160	44880
Remuneração anual pela venda de energia - ilíquida (€)	13854	14448	13464
Horas equivalentes (h)	2309,0	2408,0	2244,0
Factor de carga (%)	0,26	0,27	0,26

Tabela 12.7- Resultados financeiros (VAL, TIR, Renda fixa, Período de retorno e preço kW instalado)

Empresas fornecedoras	Ceocero	Exmork	Leiger
Investimento TOTAL (€)	116098,3	76501,71	119438,7
VAL (€)	-60003,8	-12501,3	-65738,9
TIR (€)	2,96	7,95	2,42
Payback (número de anos)	>25	>25	>25
Preço/kW instalado (€/kW)	5804,9	3825,1	5971,9

Concluindo, com esta pequena análise verifica-se que os ingressos pela venda de energia são mais importantes que os gastos inerentes à instalação de várias torres eólicas de pequena potência instalada. Este facto permite-nos afirmar, novamente, que a possibilidade de instalação de aerogeradores de maior potência instalada e a consequente diminuição dos custos fixos traria inúmeros benefícios económicos, viabilizando muito mais facilmente as instalações.

Poderia ser elaborado um modelo para determinar o número de aerogeradores a instalar, porém, esse estudo só seria válido para os equipamentos Exmork (únicos equipamentos com possibilidade de rentabilidade).

É importante referir que aumentar o número de aerogeradores indefinidamente complicaria todos os aspectos relativos ao projecto, nomeadamente a ocupação dos terrenos, obras civis, perdas eléctricas, etc., pelo que o interesse na construção de um modelo que permitisse calcular o melhor número de aerogeradores a instalar teria interesse reduzido, considerando a possibilidade de a curto/ médio prazo se verificar uma melhoria e desenvolvimento das tecnologias da energia mini-eólica.

Capítulo 13 - Conclusão

O trabalho realizado no período coberto por este relatório, cerca de quatro meses, contribuiu para levantar algumas dúvidas pontuais, naturalmente suscitadas pelo confronto entre a teoria e a prática. Contudo, estas foram prontamente esclarecidas, quando necessário, pelos orientadores do projecto, Prof. Dr. José Rui Ferreira, Eng. Montserrat Bou Algar, e, também, por outros professores da FEUP, dependendo das diversas áreas em análise.

Analisando, uma vez mais, as conclusões do estudo de viabilidade económica (Capítulo 16 – Estudo de viabilidade económica), foi uma surpresa o facto de, apesar do elevado valor da tarifa bonificada utilizada como referência para a energia eólica produzida, não ter sido possível, independentemente dos fornecedores de equipamento, viabilizar todas as instalações.

A principal razão para este resultado prende-se com a baixa potência unitária dos aerogeradores e a consequente necessidade de aumento do número de equipamentos com vista a aumentar a potência instalada. Assim, devido à inexistência no mercado de aerogeradores e equipamentos, adaptados à realidade mini-eólica, que permitam maximizar a potência instalada, é necessário instalar vários aerogeradores de pequena dimensão (na situação do presente projecto, consideraram-se aerogeradores com potência unitária de 20 kW) o que acarreta um aumento de custos da instalação.

Apesar deste resultado inesperado, com os equipamentos de um dos fornecedores (Exmork) foi possível garantir o retorno do capital investido, ao fim de 15 anos, porém, o baixo valor da TIR (12,19 %) e do VAL (27.791,2 €) e o carácter de risco deste tipo de projecto não permitem um demasiado optimismo em relação à sua viabilidade económica.

Embora o optimismo das pessoas, em relação à viabilidade económica de qualquer tipo de instalações de energias alternativas, ser elevado, o sucesso deste tipo de projectos depende de muitos factores e, como se verificou através dos presentes resultados, não se podem abordar estas questões levianamente, sob pena de se perder todo o investimento inicial. Estas questões adquirem primordial importância se considerarmos a generalização deste tipo de ofertas a clientes particulares, nem sempre correctamente informados acerca do tema, com projectos do tipo “chave na mão”.

De todas as variáveis em questão é a vontade política a que mais pode introduzir mudanças especialmente relevantes nesta área, abrindo as portas a uma melhoria da tarifa, à criação de legislação específica a este tipo de projectos e fomentando, por conseguinte, a economia, possibilitando que todos os interessados invistam, optimizem e criem novas soluções, adaptadas a essa nova realidade do mercado energético.

A energia eólica apresenta uma série de vantagens: trata-se de uma energia renovável; conduz a um aumento da capacidade do sistema e, consequente, poupança energética; possui reconhecidas vantagens para a protecção do meio ambiente e promove a criação de empregos, directos e indirectos, que acarretam enormes benefícios sociais.

Actualmente, somos constantemente bombardeados, através dos meios de comunicação social com desabafos acerca do elevado preço do petróleo e escassez das fontes de energias não renováveis. Chegaram ao fim os dias de energia barata! Assim sendo, e tendo em consideração o preço actual do petróleo (a título de exemplo apresento os 133.85 dolares americanos para o preço do barril Brent, índice de referência para o mercado Europeu, verificados no dia 20 de Junho de 2008, [50]), e o facto do desenvolvimento da economia estar profundamente dependente da energia, é necessário a necessidade de criação, exploração e redefinição de novas soluções.

O primeiro parque eólico instalado em Portugal na ilha de Porto Santo, Madeira, tem data de 1986 e cada aerogerador tinha uma potência unitária instalada de 150 kW. Sem pretender, obviamente, retroceder no tempo e voltar ao passado, numa altura em que cada gerador pode ter até cerca de 3 MW de potência instalada, urge a mobilização de todos os conhecimentos actuais para reinventar a produção de energia, considerando todas as soluções possíveis, sejam elas de pequena, média ou grande potência instalada, promovendo deste modo um desenvolvimento sustentável das economias.

Fazendo uma breve comparação entre a realidade portuguesa e a espanhola, nesta matéria, e tendo como referência o Decreto-Lei 363, de 2 de Fevereiro de 2007 (legislação portuguesa) e *Boletín Oficial del Estado (BOE) número 126* (legislação espanhola), é passivel de ser concluido que a diferença de potências instaladas para a micro-produção bonificada é significativa (3,68 kW – Portugal, 100 kW – Espanha).

Relativamente às tarifas, e considerando a energia mini-eólica em Portugal, verifica-se, após os primeiros 5 anos de tarifa constante, uma diminuição progressiva e anual da tarifa, levando ao final de alguns anos ao anulamento da bonificação, passando a energia a ser paga de acordo com o mesmo valor a aplicar às novas instalações que entrarão em funcionamento nesse mesmo ano (valor especificado anualmente e impossível de antever com rigor). Este facto, aliado ao pequeno valor de potência instalada e às limitações impostas à venda de energia, no que concerne à produção micro-eólica e, de acordo com as dificuldades encontradas durante a elaboração do presente projecto relativas à previsão do vento, torna, na minha opinião, este tipo de investimentos na energia micro-eólica, em Portugal, difíceis de implementar. Fica feita esta referência, que considero importante, sem pretensões de opinar acerca desta realidade sem uma avaliação cuidada e reflexiva.

Actualmente, considerando a situação espanhola, a maior potência instalada permitida nas instalações mini-eólicas, na prática, não tem qualquer repercussão no aumento do número de instalações já que não existe uma bonificação especial deste tipo de energia, comparativamente à grande-eólica, que viabilizem este tipo de instalações. Apenas o aumento da tarifa da energia produzida poderia incentivar e iniciar um desenvolvimento da energia mini-eólica.

Como resultados positivos de políticas semelhantes de bonificação da tarifa energética, é passivel de ser referida a situação actual da energia mini-fotovoltaica (<100 kW), em Espanha. A tarifa bonificada permitiu o desenvolvimento de todos os aspectos relacionados com a produção deste tipo de energia e, consequentemente, o aumento do número de instalações existentes.

Para finalizar, considero que foram cumpridos todos os objectivos propostos inicialmente, tendo este estágio e o presente relatório de projecto contribuído de forma muito positiva para completar a minha formação académica.

Capítulo 14 - Anexos

14.1 ANEXO 1 – Etapas principais do projecto – MS Project

ID		Task Name	Duration	Cost	Start	Finish
1		**Projecto mini eólica**	**87 days**	**284.581,60 €**	**Mon 01-09-08**	**Tue 30-12-08**
2		**Fase 1 - Projecto**	**48 days**	**11.125,28 €**	**Mon 01-09-08**	**Wed 05-11-08**
3		**Análise de requisitos gerais**	**19 days**	**1.520,00 €**	**Mon 01-09-08**	**Thu 25-09-08**
4		Análise do contexto social e económico da produção de energia eólica em Espanha	3 days	240,00 €	Mon 01-09-08	Wed 03-09-08
5		Análise e estudo dos conceitos teóricos relacionados com a produção de energia eólica	3 days	240,00 €	Thu 04-09-08	Mon 08-09-08
6		Análise da legislação Espanhola relativa à produção de energias renováveis	3 days	240,00 €	Tue 09-09-08	Thu 11-09-08
7		Análise da burocracia relativa à implementação de central eólica	3 days	240,00 €	Fri 12-09-08	Tue 16-09-08
8		Análise das características e fornecedores de equipamento	7 days	560,00 €	Wed 17-09-08	Thu 25-09-08
9		**Análise da localização da central eólica**	**8 days**	**1.380,00 €**	**Fri 26-09-08**	**Tue 07-10-08**
10		Aquisição de dados de vento	2 days	260,00 €	Fri 26-09-08	Mon 29-09-08
11		Análise de dados do vento	2 days	160,00 €	Tue 30-09-08	Wed 01-10-08
12		Análise de dados orográficos	2 days	160,00 €	Thu 02-10-08	Fri 03-10-08
13		Análise do ponto de ligação à rede	2 days	160,00 €	Mon 06-10-08	Tue 07-10-08
14		**Estudo ambiental, segurança no trabalho e económico**	**21 days**	**8.225,28 €**	**Wed 08-10-08**	**Wed 05-11-08**
15		Estudo de segurança no trabalho	7 days	5.005,28 €	Wed 08-10-08	Thu 16-10-08
16		Estudo de impacto ambiental	7 days	2.660,00 €	Fri 17-10-08	Mon 27-10-08
17		Estudo económico	7 days	560,00 €	Tue 28-10-08	Wed 05-11-08
18		**Fase 2 - Construção no terreno**	**33 days**	**272.976,32 €**	**Thu 06-11-08**	**Mon 22-12-08**
19		**Obra civil**	**14 days**	**39.399,00 €**	**Thu 06-11-08**	**Tue 25-11-08**
20		Fundações dos aerogeradores	10 days	16.846,00 €	Thu 06-11-08	Wed 19-11-08
21		Abertura de valas para a canalização eléctrica	10 days	8.140,00 €	Thu 06-11-08	Wed 19-11-08
22		Plataforma de montagem dos aerogeradores	1 day	340,00 €	Thu 20-11-08	Thu 20-11-08
23		Edifício de controlo	1 day	13.833,00 €	Thu 20-11-08	Thu 20-11-08
24		Acabamentos obra civil	3 days	240,00 €	Fri 21-11-08	Tue 25-11-08
25		**Aquisição de equipamento**	**1 day**	**225.314,32 €**	**Tue 25-11-08**	**Wed 26-11-08**
26		Equipamento - Ceocero	0 days	0,00 €	Tue 25-11-08	Tue 25-11-08
27		Equipamento - Exmork	0 days	0,00 €	Tue 25-11-08	Tue 25-11-08
28		Equipamento - Leiger	1 day	207.214,32 €	Wed 26-11-08	Wed 26-11-08
29		Estação meteorológica Ammonit (inclui a montagem)	1 day	14.100,00 €	Wed 26-11-08	Wed 26-11-08
30		Cabos eléctricos + protecções	1 day	3.000,00 €	Wed 26-11-08	Wed 26-11-08
31		Equipamentos vários	1 day	1.000,00 €	Wed 26-11-08	Wed 26-11-08
32		**Montagem de equipamentos**	**18 days**	**8.263,00 €**	**Thu 27-11-08**	**Mon 22-12-08**
33		Aerogeradores	10 days	6.260,00 €	Thu 27-11-08	Wed 10-12-08
34		Edifício de controlo	10 days	80,00 €	Thu 27-11-08	Wed 10-12-08

Figura 14.1- Gantt Chart 1

ID	ℹ	Task Name	Duration	Cost	Start	Finish
35		Ligação ao sistema eléctrico	7 days	1.843,00 €	Thu 11-12-08	Fri 19-12-08
36		Equipamentos vários	1 day	80,00 €	Mon 22-12-08	Mon 22-12-08
37		**Fase 3 - Exploração**	**3 days**	**240,00 €**	**Tue 23-12-08**	**Thu 25-12-08**
38		**Preparação da exploração**	**2 days**	**160,00 €**	**Tue 23-12-08**	**Wed 24-12-08**
39		Análise de requisitos	1 day	80,00 €	Tue 23-12-08	Tue 23-12-08
40		Formação do cliente final	1 day	80,00 €	Wed 24-12-08	Wed 24-12-08
41		**Início de exploração**	**1 day**	**80,00 €**	**Thu 25-12-08**	**Thu 25-12-08**
42		Início da exploração	1 day	80,00 €	Thu 25-12-08	Thu 25-12-08
43		**Fase 4 - Pós exploração**	**3 days**	**240,00 €**	**Fri 26-12-08**	**Tue 30-12-08**
44		**Sistema informação**	**3 days**	**240,00 €**	**Fri 26-12-08**	**Tue 30-12-08**
45		Análise de requisitos do sistema de informaação	1 day	80,00 €	Fri 26-12-08	Fri 26-12-08
46		Elaboração de modelo relacional/ entidade associação	2 days	160,00 €	Mon 29-12-08	Tue 30-12-08

Figura 14.2- Gantt Chart 2

ID	ℹ	Resource Name	Type	Cost
4		Fundações dos aerogeradores	Material	16.446,00 €
5		Plataforma de montagem dos aerogeradores	Material	300,00 €
6		Abertura de valas	Material	7.740,00 €
7		Cabos eléctricos + protecções	Material	3.000,00 €
8		Equipamentos vários	Material	1.000,00 €
9		Edifício de controlo	Material	13.793,00 €
10		Dados de vento	Material	100,00 €
11		Gerador - Exmork (20 kW)	Material	0,00 €
12		Torre - Exmork	Material	0,00 €
13		Controlador - Exmork	Material	0,00 €
14		Inversor - Exmork	Material	0,00 €
15		Transporte Exmork	Material	0,00 €
16		Gerador + Controlador - Ceocero (20 kW)	Material	119.134,32 €
17		Torre - Ceocero	Material	0,00 €
18		Inversor - Ceocero	Material	0,00 €
19		Gerador + Controlador - Leiger (20 kW)	Material	0,00 €
20		Torre - Leiger	Material	15.000,00 €
21		Inversor - Leiger	Material	73.080,00 €
22		Estação meteorológica - Ammonit	Material	14.100,00 €
23		Montagem aerogeradores - empresa subcontratada	Material	5.540,00 €
24		Ligação ao sistema eléctrico de energia - empresa subcontratada	Material	1.283,00 €
25		Estudo de segurança no trabalho	Material	4.445,28 €
26		Estudo de impacto ambiental - empresa subcontratada	Material	2.100,00 €

Figura 14.3- Ressource Sheet
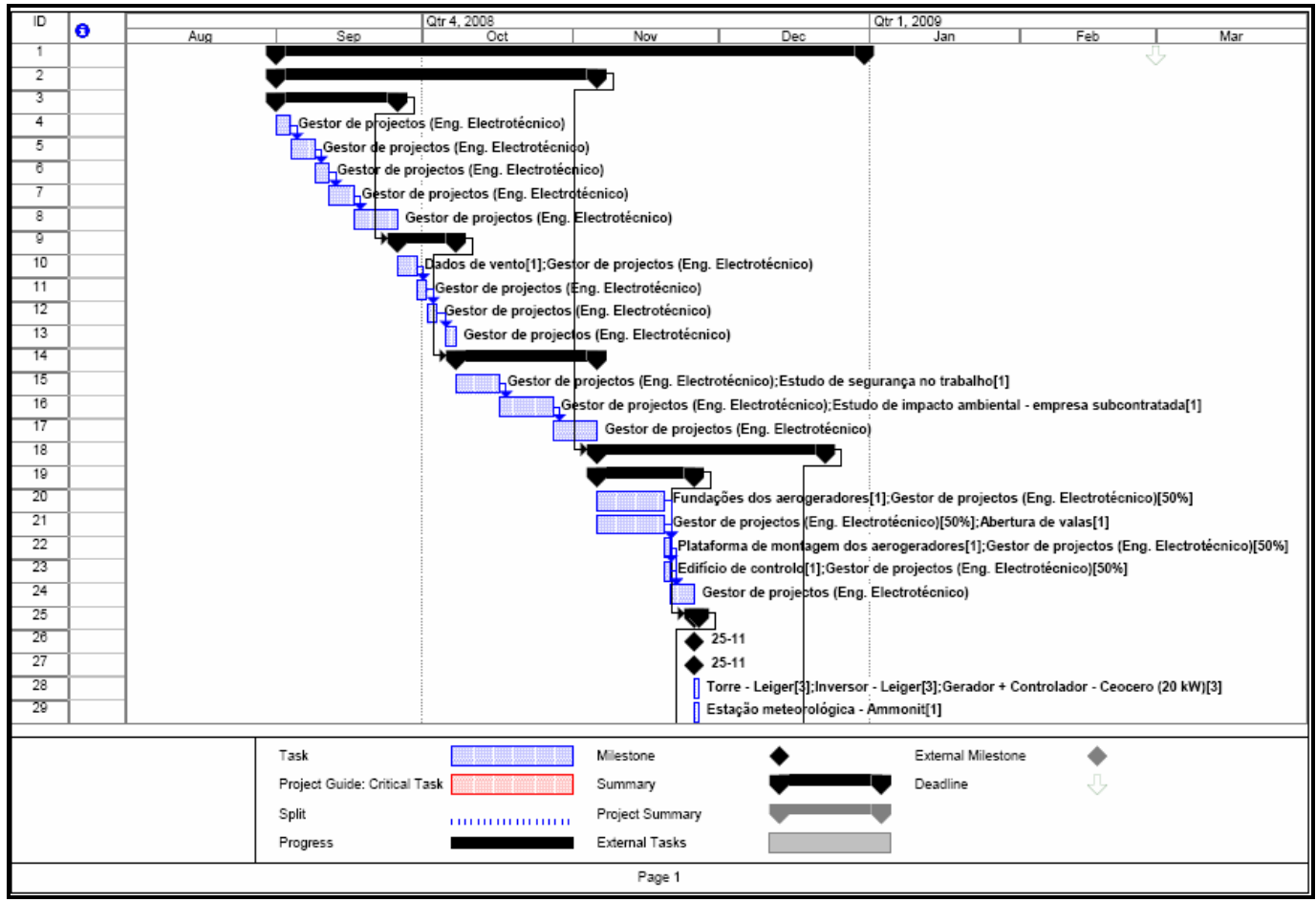
Figura 14.4- MS Tasks1
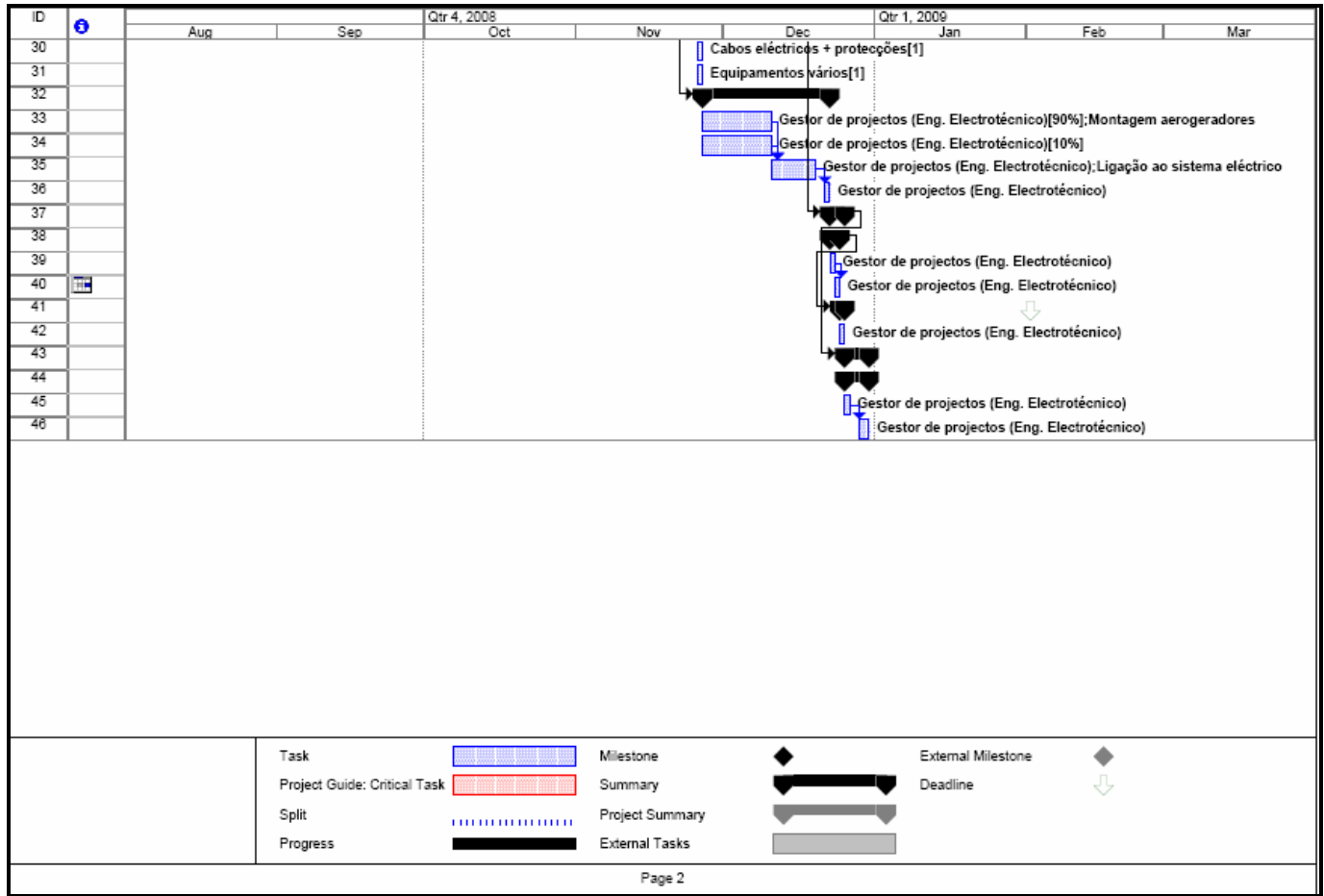
Figura 14.5- MS Tasks

14.2 ANEXO 2 – Mapas do terreno, orográficos, ocupação do solo e geomorfológicos

14.2.1 Mapas do terreno

Figura 14.6- Vista geral do parque mini eólico (2D) [10]
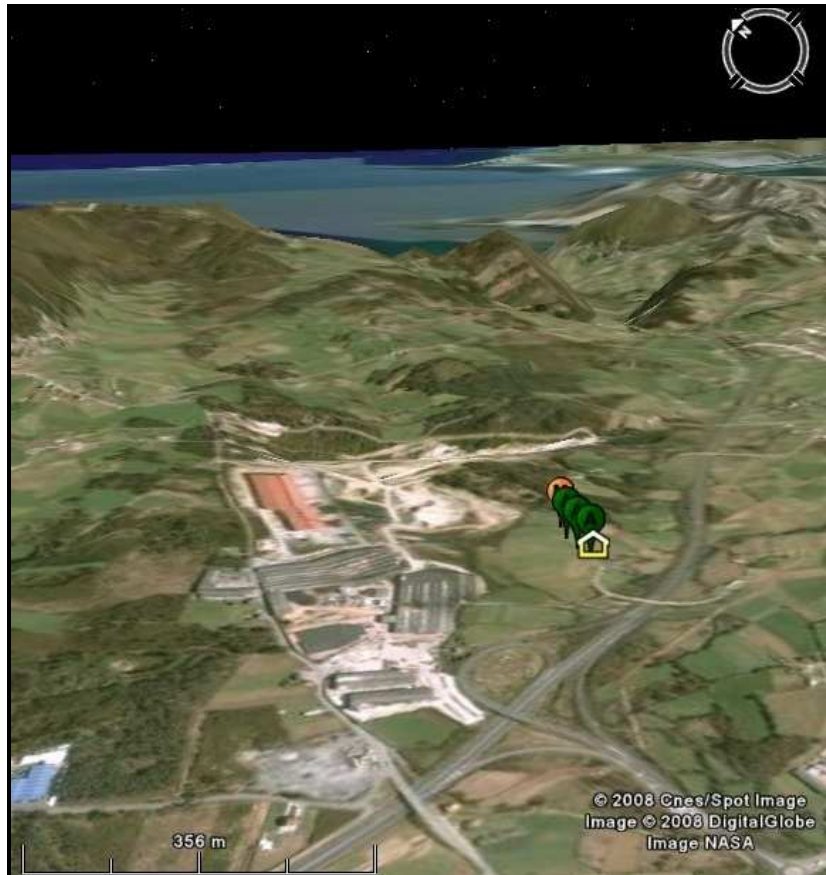
Figura 14.7- Vista NE do terreno (3D) [10]

Figura 14.8- Vista Sudoeste do terreno (3D) [10]

14.2.2 Mapas orográficos e de ocupação do solo

Mapas orográficos/ ocupação do solo disponíveis através da *Infraestructura de Datos spaciales de España - IDEE.*
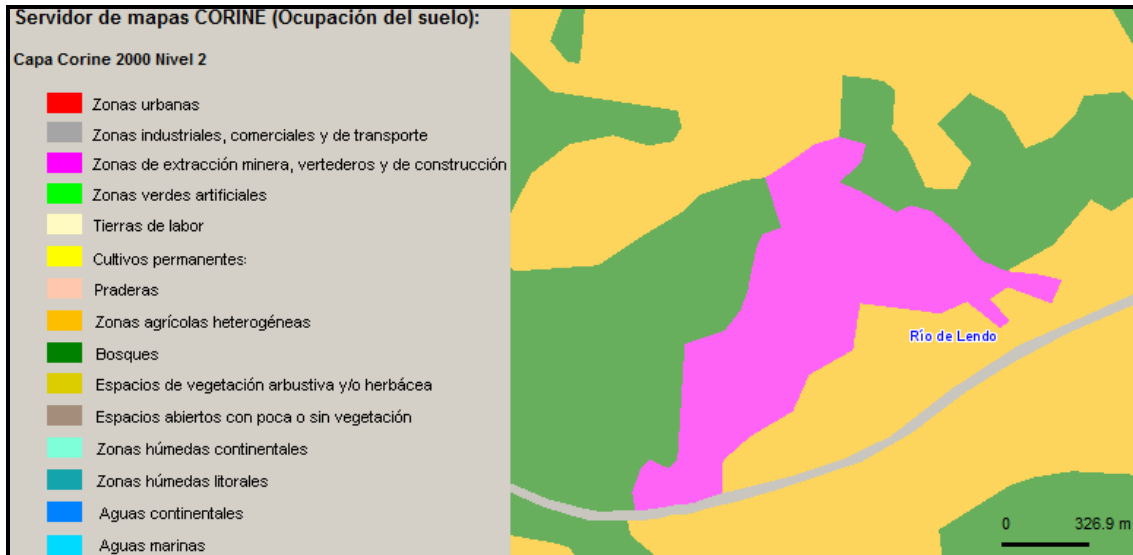
Figura 14.9- Mapa de Ocupação do solo [12]
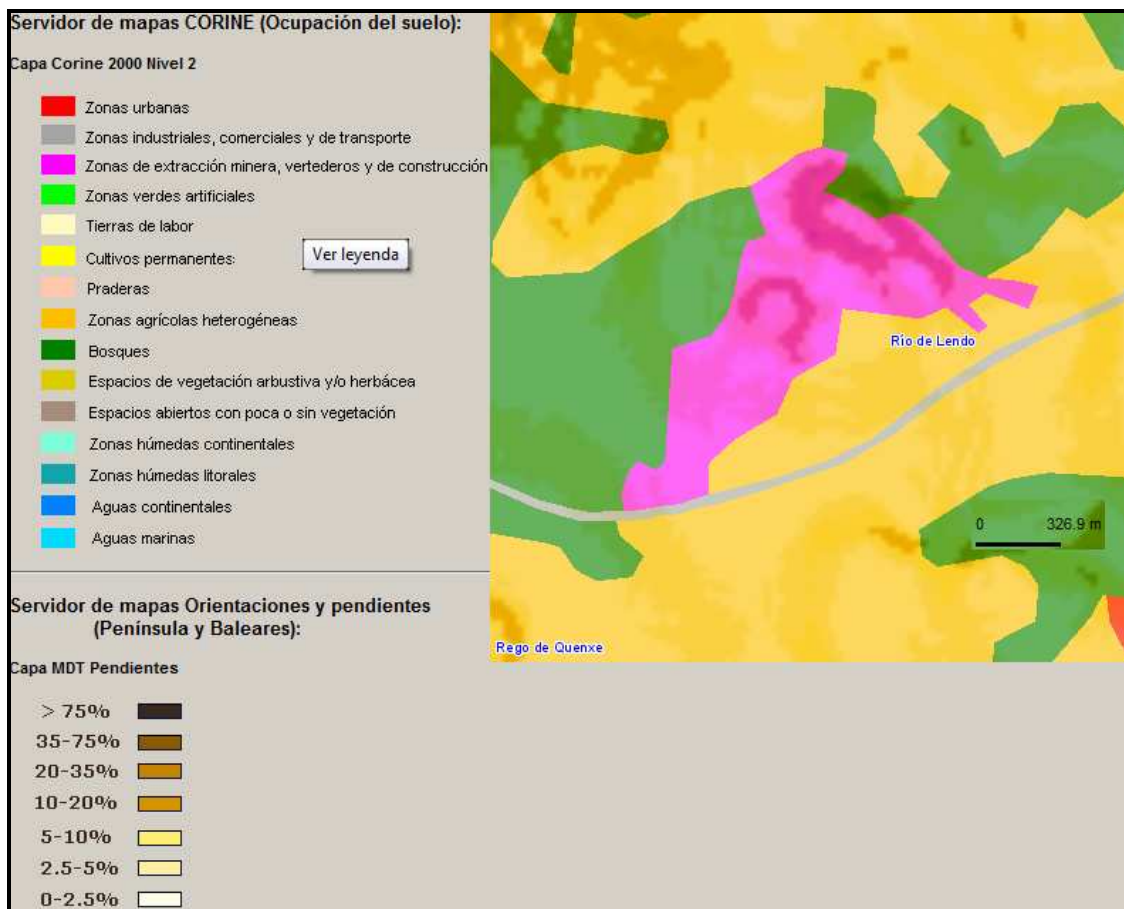
Figura 14.10- Mapa de Ocupação do solo e pendentes do terreno [12]

Figura 14.11- Mapa de pendentes do terreno [12]
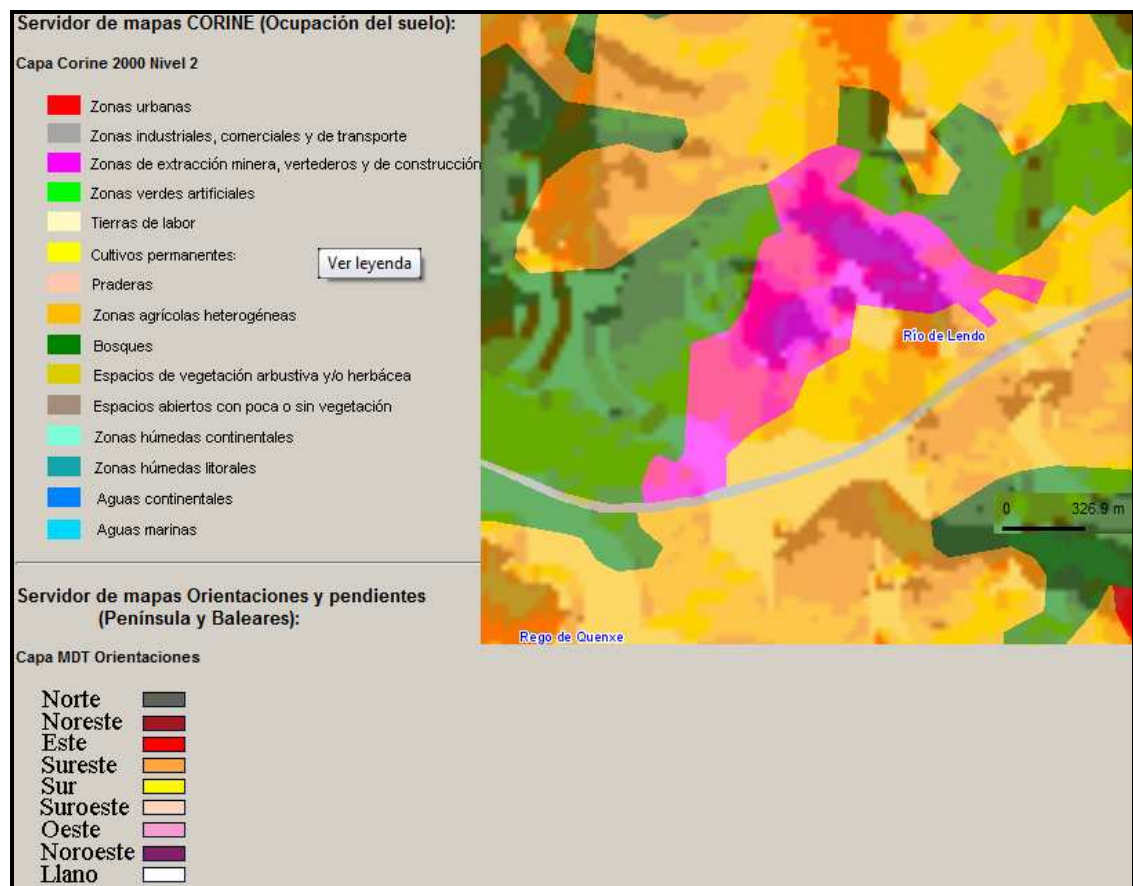
Figura 14.12- Mapa de ocupação do solo e orientações do terreno [12]
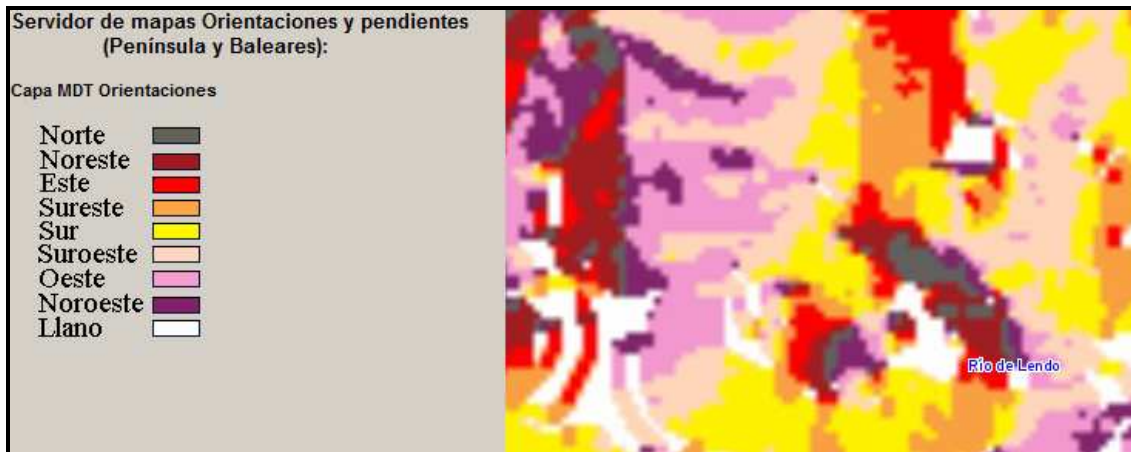
Figura 14.13- Mapa de orientações do terreno [12]

14.2.3 Mapa Geomorfológico da Galiza
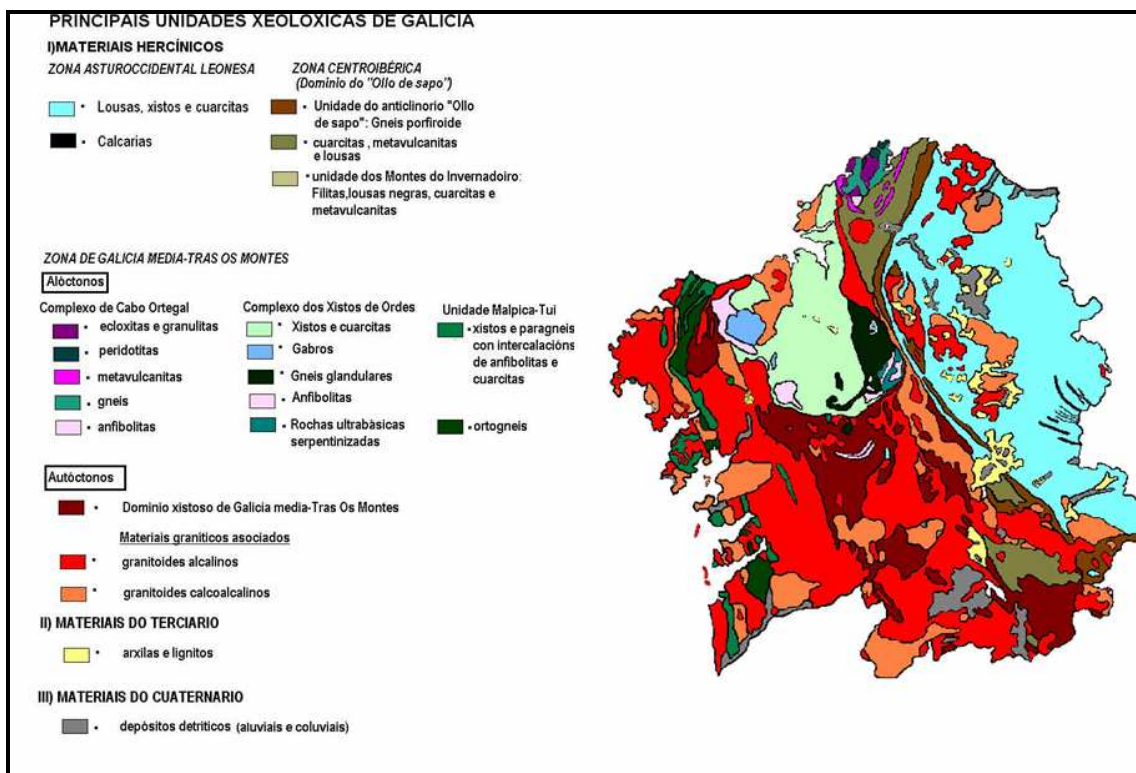
Figura 14.14- Geologia e geomorfología da Galiza [51]

14.3 ANEXO 3 - Visita ao terreno do parque

Figura 14.15- Vista SW do terreno

Figura 14.16- Pequena exploração agro pecuária

Figura 14.17- Vista da AG-55

14.4 ANEXO 4 - Obra civil

14.4.1 Fundações dos aerogeradores

Tabela 14.1- Qantidades de Betão utilizadas (B20/B30) e respectivos preços

Betão	Preço (€/ m^3)	Quantidades envolvidas (m3)	Preços parciais/ sapata
Betão da sapata: B30 (m3)	96	17,6	1689,6
Betão limpeza da sapata: B20 (m3)	60	2,7735	166,4
TOTAL PARCIAL (€)			**556**

Tabela 14.2- Qantidades de Aço utilizadas (25 Ø 20 x 2) e respectivos preços

Aço	Preço (unid.)	Quantidades envolvidas (unidades)	Preços parciais/ sapata (€)
1,5 (€/kg) - (1m pesa 2,7kg)	**1,5**	920,7	1381,1
TOTAL PARCIAL (€)			

Tabela 14.3- Equipamentos/ mão de obra utilizados e respectivos preços

Equipamentos	Preço (€/ unid): (horas, dia)	Quantidades envolvidas (unidades: horas, dias)	Quantidades envolvidas 3 SAPATAS (unidades: horas, días)	Preços parciais/ sapata (€)	Preços parciais/ 3 sapatas (€)
Retroescavadora (/ h)	35,0	20,0	60,0	700,0	2100,0
Camião transporte de terras (/ h)	35,0	20,0	60,0	700,0	2100,0
Máquina dobragem e	25,0	5,0	15,0	125,0	375,0

corte de ferro (/dia)					
Mão de obra - (3 trabalhadores, 8h/dia, 5 días- 6€/h) - (/h)	6,0	120,0	360,0	720,0	2160,0
TOTAL PARCIAL (€)					**6735,0**

Tabela 14.4 - Resultado total da obra: fundações dos aerogeradores

TOTAL (€)	**16446,2**

14.4.2 Abertura de valas para colocação de cabos eléctricos

Tabela 14.5 - Equipamentos/ mão de obra utilizados e respectivos preços

Equipamentos	Preço (€/ unidade) - horas, dia…	Quantidades envolvidas (unidades: hor
Retroescavadora (/ h)	35,0	
Camião transporte de terras (/ h)	35,0	
Máquina corte betão (/dia)	25,0	
Máquina reposição alcatrão	35,0	
Material/equipamentos vários (unitário)	100,0	
Mão de obra - (3 trabalhadores, 8h/dia, 10 días- 6€/h) - (/h)	6,0	
TOTAL PARCIAL (€)		

14.4.3 Edifício de controlo

14.4.3.1 Características

- Caseta de hormigón armado para equipos eléctricos (4,00x2,80x2,40 m);
- Construción de huecos de entrada de cables en las posiciones deseadas;
- Las paredes de la caseta están formadas por paneles sandwich de hormigón armado y poliestireno expandido para su aislamiento de 150 mm de espesor total;
- Las armaduras de la caseta van electrosoldadas entre sí formando una jaula de Faraday. La cubierta es de panel sanswich de hormigón armado y poliestireno;
- Lleva una puerta de acceso en doble chapa galvanizada con aislamiento en su interior (0,90x2,00 m);
- Existe la posibilidad de instalar un tabique separador en su interior, y ampliar el tamaño de la caseta en módulos de alargamiento de 2,10 m, manteniendo la cota de 4,00m. Acabado exterior de fachada en árido visto e interior en color blanco.
- El precio unitário de la caseta es de 13.793€ (incuye IVA 16%).
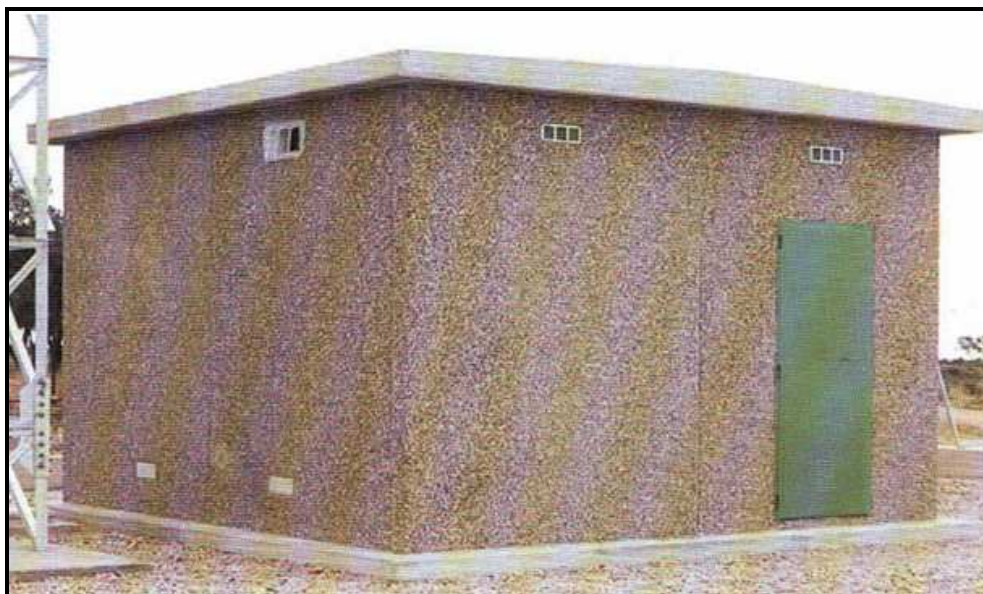
Figura 14.18- Edifíco de controlo em betão pré-fabricado [52]

14.4.3.2 Condições gerais

- Preparación del terreno por cuenta de Vds;
- Fácil acceso al punto con camión trailes y grúa de montaje, caso contrario habrá un uplemento por acopio del material, grúa de mayor tonelaje ó perdida de horas por evacuación o basamenti defectuoso, a considerar en su momento;
- Período de validez de la oferta: 15 días;
- Montada y terminada en obra.

14.5 ANEXO 5 - Estação meteorológica

14.5.1 Equipamentos

Tabela 14.6 - Orçamento estação meteorológica

Pos.	Cant.	Ref.	Concepto	Prec. Unid.	Total
01	1	P2510	Data-Logger Ammonit "METEO-32" Data-logger con 10 canales. Recoge estadísticas, series temporales y eventos. Incluye software de control "Callalog02" y cable de comunicaciones RS232.	1.740,50	1.740,50
01	1	P6100	Anemómetro optoelectrónico Thies "First Class" sin calefactar	644,00	644,00
03	1	P0024	Calibración de anemómetro según protocolo MEASNET	175,00	175,00
04	60	P8625.03	Cable apantallado LiYCY 3x0,25mm Cable anemos: 1x40m + 1x20m	2,05	123,00
05	1	P6245	Veleta potenciométrica Thies "Compact" sin calefactar	565,80	565,80
06	40	P8625.04	Cable apantallado LiYCY 4x0,25mm Cable para veleta: 1x40m	2,20	88,00
07	1	P6831/10	Sensor de temperatura/humedad "KPK", salida 2 x 0-1V. Incl. 10m de cable apantallado P8625.04	415,50	415,50
08	1	P6823	Protector contra radiaciones y otros para sonda de temperatura	220,00	220,00
09	1	P6520/03	Transductor de presión piezoel. AB60 Incl. 3m de cable	351,50	351,50
10	1	P9110.08Q	Sistema de transmisión de datos GSM/GPRS "cuatribanda". Incluye módem GSM/GPRS, antena y cableado.	512,50	512,50
11	1	P9260.0512	Sistema de alimentación solar 5,5Wp Incl. panel, acumulador 12Ah, regulador y accesorios	196,50	196,50
12	1	P9100.12	Caja de acero con protecciones contra sobrecargas para METEO-32X	1.861,50	1.861,50
TOTAL					**6.893,80**
Dto. 2 %					**6755,92**
TOTAL c/ IVA					**7836,87**

Condiciones para la oferta EA-0804/010

- *IVA no incluido.
- *No se incluye montaje ni soportes.
- *Forma de pago: 100% a 30 días desde fecha factura.
- *Sensores garantizados por 6 meses. Data-logger garantizado por 1 año. Dichas garantías no incluyen daños causados por manipulación incorrecta de los mismos, accidentes, fenómenos meteorológicos tales como rayos, o cualquier causa ajena a Los portes correrán a cargo del cliente. ECOSEM, S.L. puede gestionar la recogida y entrega siendo los gastos tanto del porte como del seguro transferidos al cliente.
- Asimismo, en caso de que los portes no sean asegurados a todo riesgo, ECOSEM, S.L. no se responsabilizará de la pérdida o deterioro del material durante el transporte del mismo.
- *Plazo de entrega: 20 días desde la confirmación del pedido.
- *Validez de la oferta: 90 días.

14.5.2 Montagem (OFERTA 360 / 20m)

Tabela 14.7- Montagem estação meteorológica 360/ 20

Ud.	Concepto	Precio	Suma
6	Tramos Televés 360	329	1974
1	Base basculante + placa base adaptada		150
9	Anclajes vientos	75	675
9	Tensores reforzados de cancamo cerrado	9	81
180	Cable de vientos	0,70	126
1	Pequeño material		100
1	Transporte personal y dietas		600
1	Montaje		1.500
	TOMA TIERRA LOGGER(1 pica de 1.5m + cabñe de 6 mm)		76
4	Brazos equipos de medida, armario y placa solar	125	500
1	Puesta en servicio equipos		150
TOTAL			**5.932**
TOTAL c/ IVA			**6.882**

14.5.3 Montagem (OFERTA 360 / 20m)

Tabela 14.8- Montagem estação meteorológica 360/ 40

UD.	CONCEPTO	PRECIO	SUMA
13	Tramos Televés 360	329	4.277
1	Base basculante		59
2	Picas 120cm (anclajes pertiga)	36	72
7	Anclajes vientos para cimentaciones	12	84
15	Tensores reforzados de cancamo cerrado	9	135
550	Cable de vientos	0,70	385
1	Pequeño material		150
1	Obra civil (Excavación y hormigo nado de 7 zapatas de 1m3 + anclajes)		1.500
1	Transporte personal y dietas		970
1	Montaje		1.500
1	TOMA TIERRA TORRE: 8 metros de zanja, 50 metros de cable desnudo de 35mm, 5 picas de 1 a 1,5 metros clavadas en el terreno y una de 1,5metros en la cabeza		595
1	Línea de vida /incl. Montaje		730
4	Brazos equipos de medida, armario y placa solar	125	500
1	Puesta en servicio		150
TOTAL			**11.107**
TOTAL c/ IVA			**12.884**

- 40M / TOMA TIERRA TORRE: Incluye 8 metros de zanja, 50 metros de cable desnudo de 35mm, 5 picas de 1 a 1,5 metros clavadas en el terreno y una de 1,5metros sobresaliendo un mínimo de 80cm. por encima de los equipos de la cabeza
- 40m / LÍNEA DE VIDA: Cable de acero inoxidable, soportes y guías para utilización de mecanismo de seguridad anti caídas (su uso es obligatorio en torres de esta envergadura).
- SOPORTES: Brazos de 100cm. para la colocación de 2 anemómetros clasic y una veleta compact así como los herrajes de fijación del armario a la torre y placa solar.
- INSTALACIÓN: De equipos suministrados por el cliente según sus especificaciones.

14.5.4 Condições gerais

- IVA NO INCLUIDO
- FORMA DE PAGO: Negociar

- PLAZO DE ENTREGA: 20/30 días desde el inicio de los trabajos si las climatología es favorable. Máximo 45 días desde pedido
- VALIDEZ DE LA OFERTA: 60 días
- CONDICIONES DEL TERRENO:
  Las ubicaciones elegidas deberán disponer de acceso para camión hormigonera y una superficie lo mas plana posible de aproximadamente 40x40 metros (70x70m en la de 40m) en la de. En terrenos excesivamente inclinados puede ser viable el montaje pero la seguridad de la instalación puede verse sustancialmente mermada.
- No están incluidos gastos extraordinarios como vehículos especiales o mano de obra adicional en el caso de que las condiciones de terreno de las ubicaciones sean inaccesibles para vehículos y camiones todo terreno.
- GARANTIA:
  1. Sobre vicios o defectos de montaje.
  2. En ningún caso está garantizada la supervivencia de la torre ante sabotajes ni condiciones meteorológicas adversas.

14.6 ANEXO 6 - Estudo de higiene e segurança

14.6.1 Disposições legais de aplicação

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en:

- Estatuto de los trabajadores.
- Ley General de la Seguridad Social.
- Convenio de la OIT número 62, de 23 de Junio de 1937. Ratificado por instrumento de 12 de Junio de 1958. (BOE 20/8/1959).
- (M. Ind. BB.OO. E 27.12, red 8.3.1969).
- Orden ministerial de 9 de Marzo de1971. Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo (capitulo IV). (BOE 16 y 17/3/1971). Corrección de errores (BOE 6 abril 1971).
- Convenio de la OIT número 155, de 22 de Junio de 1981. Ratificado por instrumento de 26 de Julio de 1985. (BOE 11/11/1985).
- Orden Ministerial de 28 de Agosto de 1970. Ordenanza de trabajo para la industria de la construcción. (BOE 28/8/1970). Corrección de errores (BOE 17.10.70), Interpretación de varios artículos (BBOO 28.11 y 5.12.70), notificaciones introducidas por O.M. 27 de julio 1973.
- Real Decreto 842/2002/, de 2 de agosto. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. (BOE, nº 224, miércoles 18/09/2002).
- Orden Ministerial de 23 de Mayo de 1977. Reglamento de aparatos elevadores para obras. (B.O.E. 14-6-77).
- Real Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre. regulación de las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección

individual. (BOE 28/12/1992). Modificado por el Real Decreto 159/1995 (BOE 8/3/1995).

- Real Decreto 1435/1992 de 27 de noviembre. Seguridad de las máquinas. (BOE 11/12/1992). Modificado por el Real Decreto 56/1995, del 20 de Enero.
- Real Decreto 1328/1995, por el que se modifica, en aplicación de la directiva 93/68/CEE, el Real Decreto 1630/1992 (BOE 19.08.1995).
- Ley de 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (B.O.E. 10-10-95).
- Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero. Reglamento de los Servicios de Prevención. (B.O.E. 31-1-97).
- Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril. Señalización de Seguridad y Salud en el trabajo. (B.O.E. 23-4-97).
- Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril. Seguridad y Salud en los lugares de trabajo. (B.O.E. 23-4-97).
- Real Decreto 487/1997 de 14 de Abril. sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. (BOE núm. 97 de 23 de abril).
- Real Decreto 488/1997 de 14 de Abril. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización. (B.O.E. 23-4-97).
- Orden Ministerial de 5 de Abril de 1997. Régimen de funcionamiento de las Mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales en el desarrollo de actividades de Prevención de Riesgos Laborales. (B.O.E. 24-4-97).
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo. disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. (B.O.E. 12-6-97).
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la Ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio. BOE número 160 de 5 de julio de 1997.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. (BOE núm. 188, de 7 de agosto).
- Resolución de la Dirección Províncial de Trabajo, Seguridad Social y Asuntos Sociales de 23 de Julio de 1997. Convenio colectivo de trabajo para la construcción y obras públicas del Principado de Asturias. (BOPA 20/8/1997).
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. (BOE núm. 256, de 25 de octubre).
- Resolución de la Dirección General de Trabajo de 30 de Abril de 1998. Convenio colectivo general del sector de la construcción. (BOE 4/6/1998).
- Ley 38/1999, de 5 de noviembre, Ordenación de la Edificación. (BOE núm.266 de 6/11/1999).
- Modificada por la Ley 24/2001, de 27 de Diciembre, de Medidas Ficales, Administrativas y del orden Social. (BOE núm. 313, de 31/12/2001), la modificación introduce el art.3.1.a.4.

- Modificada por la Ley 53/2002, de 30 de Diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social (BOE núm.31, de 31/12/2002), se modifica la disposición adicional segunda.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. (BOE núm.148 de 21/6/2001).
- Código de Circulación.

Demás disposiciones oficiales relativas a la Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo, que puedan afectar a los trabajos que se realicen en la obra, así como las posteriores modificaciones que entren en vigor antes o durante la realización de los trabajos.

14.6.2 Disposições legais de aplicação para as protecções pessoais

Se considerará de obligado cumplimiento en este Estudio de Seguridad y Salud, con referencia a las prendas de protección personal a utilizar, la siguiente Normativa:

- Norma Técnica Reglamentaria M.T.1 - Cascos de seguridad no metálicos.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.2 - Protectores auditivos.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.3 - Pantallas para soldadores.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.4 – Guantes aislantes de la electricidad.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.5 - Calzado de seguridad contra riesgos mecánicos.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.6 – Banquetas aislantes de maniobra.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T. 7 – Adaptadores faciales.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.8 – Filtros mecánicos.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.9 – Mascarillas autofiltrantes.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.10 – Filtros químicos y mixtos contra amoníaco.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.11 – Guantes de protección contra agresivos químicos.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.12 – Filtros químicos y mixtos contra monóxido de carbono.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.13 - Cinturones de seguridad, de sujeción.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.14 – Filtros químicos y mixtos contra cloro.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.15 – Filtros químicos y mixtos contra anhídrido sulfuroso.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.16 – Gafas de montura tipo universal para protección contra impactos.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.17 – Oculares protección contra impactos.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.18 – Oculares filtrantes para pantallas para soldadores.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.19 – Cubrefiltros y antecristales para pantallas de soldador.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.20 – Equipos de protección de vías respiratorias: semiautónomos de aire fresco con manguera de aspiración.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.21 – Cinturones de seguridad, de suspensión.

- Norma Técnica Reglamentaria M.T.22 – Cinturones de seguridad, de caída.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.23 – Filtros químicos y mixtos contra ácido sulfhídrico.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.24 – Equipos de protección de vías respiratorias: semiautónomos de aire fresco con manguera de presión.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.25 – Plantilla de protección frente a riesgo de perforación.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.26 - Aislamiento de seguridad en herramientas manuales utilizadas en trabajos eléctricos de baja tensión.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.27 - Botas impermeables.
- Norma Técnica Reglamentaria M.T.28 – Dispositivos personales utilizados en los aparatos de elevación y descenso. Dispositivos anticaídas.

14.6.2.1 Orçamento do estudo de segurança e higiene

Tabela 14.9- Protecções individuais

PARQUE MINI EÓLICO DE A LARACHA, CORUNHA				
PRESUPUESTO ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE - **CAPÍTULO 1: PROTECCIONES INDIVIDUALES**				
REF.	NÚMERO DE UNIDADES	DESIGNACIÓN DE LAS OBRAS	PRECIO DE LAS UNIDADES	IMPORTES PARCIALES Euros
1.1.	5	Casco de seguridad	2,35	11,75
1.2.	5	Par de botas de seguridad S3	16,63	83,15
1.3.	5	Par de botas de PVC - S5	11,21	56,05
1.4.	2	Par de botas aislantes	93,5	187
1.5.	5	Gafas antiimpacto	4,28	21,4
1.6.	20	Mascarilla autofiltrante	1,11	22,2
1.7.	5	Protectores auditivos	1,77	8,85
1.8.	5	Ropa de trabajo	13,22	66,1
1.9.	5	Traje de agua	9,56	47,8
1.10.	3	Cinturón de seguridad clase C	41,77	125,31
1.11.	3	Cuerda de 1,5m de unión a la línea de vida	7,06	21,18
1.12.	3	Mosquetón de seguridad	7,51	22,53
1.13.	20	Cuerda para líneas de vida por metros	2,78	55,6
1.14.	1	Dispositivos anticaída	67,31	67,31
1.15.	5	Guantes contra riesgos mecánicos CE-II	2,65	13,25
1.16.	10	Guantes de goma finos	1,17	11,7
1.17.	2	Par de guantes aislantes- Clase 4	115,78	231,56
1.18.	3	Faja antivibración	10,32	30,96
1.19.	5	Chalecos de alta visibilidad	12,2	61
		TOTAL CAPÍTULO 1		**1144,7**

Tabela 14.10- Protecções colectivas

PARQUE MINI EÓLICO DE A LARACHA, CORUNHA				
PRESUPUESTO ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE -- **CAPÍTULO 2: PROTECCIONES COLECTIVAS**				
REF.	NÚMERO DE UNIDADES	DESIGNACIÓN DE LAS OBRAS	PRECIO DE LAS UNIDADES	IMPORTES PARCIALES Euros
2.1.	25	Vallado perimetral de huecos, compuesto por barras metálicas y malla plástica perforada.	24,35	608,75
2.2.	1000	Setas de protección para la ferralla	0,15	150,00
2.3.	90	Barandillas de protección de madera de pino de 1m de altura con travesaño intermedio por metros	1,9	171,00
2.4.	25	Topes de retroceso formado por tablones de 30x30, uniones y anclajes, ya colocados	7,35	183,75
2.5.	7	Mallazo electro soldado por metros cuadrados	13,65	95,55
		TOTAL CAPÍTULO 2		**1209,05**

Tabela 14.11- Sinalizações

PARQUE MINI EÓLICO DE A LARACHA, CORUNHA				
PRESUPUESTO ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE -- **CAPÍTULO 3: SEÑALIZACIÓN**				
REF.	NÚMERO DE UNIDADES	DESIGNACIÓN DE LAS OBRAS	PRECIO DE LAS UNIDADES	IMPORTES PARCIALES Euros
3.1.	1	Cartel de obra combinado	26,74	26,74
3.2.	8	Señal de tráfico triangular de 70cm de lado	39,28	314,24
3.3.	8	Señal de tráfico redonda de 50 cm de diámetro	18,68	149,44
3.4.	4	Señal de STOP de PVC para señalista	4,85	19,40
3.5.	4	Cinta de balizamiento blanca y roja de 75 cm en caja de 200m	3	12,00
		TOTAL CAPÍTULO 3		**521,82**

Tabela 14.12- Instalações

PARQUE MINI EÓLICO DE A LARACHA, CORUNHA				
PRESUPUESTO ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE -- **CAPÍTULO 4: INSTALACIONES**				
REF.	NÚMERO DE UNIDADES	DESIGNACIÓN DE LAS OBRAS	PRECIO DE LAS UNIDADES	IMPORTES PARCIALES Euros
4.1.	1	Caseta de obra de 14 m2, realizada con estructura, cerramiento y cubierta de chapa de acero galvanizado. (Precio alquiler/mes).	116,36	116,36
4.2.	1	Caseta sanitaria de obra de 8 m2, dos placas , dos duchas y un lavabo instalación eléctrica monofásica con toma de tierra. (Precio alquiler/mes).	131,16	393,48
4.3.	5	Taquilla metálica individual. (Precio alquiler/mes).	7,89	39,45
4.4.	1	Banco polipropileno 5 pax.	18,21	18,21
4.5.	1	Jabonera industrial	4,21	4,21
4.6.	1	Portarrollos industr. c/cerradura	5,75	5,75
4.7.	1	Depósito de basuras de 200 litros	13,24	13,24
4.10.	4	Rollo de papel	4,15	16,6
4.11.	1	Acomet. Prov. Elect. A caseta	61,7	61,7
4.12.	1	Acomet. Prov. Font. A caseta	72,4	72,4
4.13.	1	Acomet. Prov. Saneam. a caseta	52,75	52,75
		TOTAL CAPÍTULO 4		**1105,77**

Tabela 14.13- Formação e mão de obra

PARQUE MINI EÓLICO DE A LARACHA, CORUNHA				
PRESUPUESTO ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE -- **CAPÍTULO 6: FORMACIÓN Y MANO DE OBRA**				
REF.	NÚMERO DE UNIDADES	DESIGNACIÓN DE LAS OBRAS	PRECIO DE LAS UNIDADES	IMPORTES PARCIALES Euros
6.1.	20	Hora de formación seguridad e higiene	13,5	270
6.2.	5	Reconocimiento médico obligatorio	40	200
	12	Hora de equipo de limpieza	13,65	163,8
	20	Hora de señalista para maquinaria	8,9	178
	4	Visitas del técnico de seguridad de la empresa constructora a la obra	30,6	122,4
		TOTAL CAPÍTULO 5		**934,2**
		TOTAL PRESUPUESTO ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE		**3832,14**
		TOTAL PRESUPUESTO ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE c/ IVA		**4445,28**

14.7 ANEXO 7 - Dados meteorológicos

14.7.1 Ficheiro especificações da rosa dos ventos

14.7.1.1 Campos incluídos

- Indicativo: Indicativo climatológico
- NOMBRE: Nombre estación
- ALTITUD: Altitud de la estación
- NOM_PROV: Província
- LONGITUD: Longitud geográfica
- (La última cifra indica la orientación: 1 para longitud E y 2 para W)
- LATITUD: Latitud geográfica
- PN: Porcentaje rumbo N
- VN: Velocidad media rumbo N
- PNNE: Porcentaje rumbo NNE
- VNNE: Velocidad media rumbo NNE
- PNE: Porcentaje rumbo NE
- VNE: Velocidad media rumbo NE
- PENE: Porcentaje rumbo ENE
- VENE: Velocidad media rumbo ENE
- PE: Porcentaje rumbo E
- VE: Velocidad media rumbo E
- PESE: Porcentaje rumbo ESE
- VESE: Velocidad media rumbo ESE
- PSE: Porcentaje rumbo SE
- VSE: Velocidad media rumbo SE
- PSSE: Porcentaje rumbo SSE
- VSSE: Velocidad media rumbo SSE
- PS: Porcentaje rumbo S
- VS: Velocidad media rumbo S
- PSSW: Porcentaje rumbo SSW
- VSSW: Velocidad media rumbo SSW
- PSW: Porcentaje rumbo SW
- VSW: Velocidad media rumbo SW
- PWSW: Porcentaje rumbo WSW
- VWSW: Velocidad media rumbo WSW
- PW: Porcentaje rumbo W
- VW: Velocidad media rumbo W
- PWNW: Porcentaje rumbo WNW
- VWNW: Velocidad media rumbo WNW
- PNW: Porcentaje rumbo NW
- VNW: Velocidad media rumbo NW

- PNNW: Porcentaje rumbo NNW
- VNNW: Velocidad media rumbo NNW
- PCALMAS: Porcentaje de calmas
- PVV0005: Porcentaje casos con velocidad (km/h) entre 0 y 5
- PVV0612: Porcentaje casos con velocidad (km/h) entre 6 y 12
- PVV1320: Porcentaje casos con velocidad (km/h) entre 13 y 20
- PVV2132: Porcentaje casos con velocidad (km/h) entre 21 y 32
- PVV3350: Porcentaje casos con velocidad (km/h) entre 33 y 50
- PVV5000: Porcentaje casos con velocidad mayor que 50km/h
- VELMED: Velocidad media mensual
- NHORAS: Número de horas sin dato de viento

14.7.1.2 Unidades e valores especiaia

- Porcentajes en %
- Velocidades en Km/h
- (Elaborada a partir de las observaciones de 07, 13 y 18 UTC)

14.7.2 Especificações ficheiro do vento

14.7.2.1 Campos incluídos

- Indicativo: Indicativo climatológico
- NOMBRE: Nombre estación
- ALTITUD: Altitud de la estación
- NOM_PROV: Província
- LONGITUD: Longitud geográfica
- (La última cifra indica la orientación: 1 para longitud E y 2 para W)
- LATITUD: Latitud geográfica
- R_MAX_DIR: Dirección de la racha máxima mensual
- R_MAX_VEL: Velocidad de la racha máxima mensual
- R_MAX_DIA: Día de la racha máxima mensual
- R_MAX_HOR: Hora de la racha máxima mensual
- VEL36: Número de días con velocidad del viento >=36km/k
- VEL55: Número de días con velocidad del viento >=55km/k
- VEL91: Número de días con velocidad del viento >=91km/k
- REC24_MES: Recorrido total mensual del viento de 00 a 24
- REC24_DIA: Recorrido medio diario de 00 a 24
- REC24_MAX: Recorrido máximo diario de 00 a 24
- DIA_REC24_MAX: Día del recorrido máximo diario de 00 a 24
- REC77_MES: Recorrido total mensual del viento de 07 a 07
- REC77_DIA: Recorrido medio diario de 07 a 07
- REC77_MAX: Recorrido máximo diario de 07 a 07
- DIA_REC77_MAX: Día del recorrido máximo diario de 07 a 07
- DTV01: Distribución temporal del viento en el octante 1 (o cuadrante 1)

- DTV02: Distribución temporal del viento en el octante 2
- DTV03: Distribución temporal del viento en el octante 3 (o cuadrante 2)
- DTV04: Distribución temporal del viento en el octante 4
- DTV05: Distribución temporal del viento en el octante 5 (o cuadrante 3)
- DTV06: Distribución temporal del viento en el octante 6
- DTV07: Distribución temporal del viento en el octante 7 (o cuadrante 4)
- DTV08: Distribución temporal del viento en el octante 8
- DTCALMAS: Distribución temporal de calmas
- NDIAS: Número de días con datos incompletos de viento

14.7.2.2 Unidades e valores especiais

- Dirección del viento en decenas de grado
- Valores especiales dirección del viento:
    i. 99: Viento variable
    ii. 0: Viento en calma
- Velocidad del viento en Km/h
- Recorrido del viento en Km
- Distribución temporal del viento por cuadrantes/octantes y calmas en décimas de hora
- Hora de la racha máxima/velocidad máxima media en 10' en horas y minutos
- Valores especiales de hora de la racha máxima/velocidad máxima media en 10':
- 9999: La racha máxima/velocidad máxima media en 10' se repite varias veces en el día
- Si a lo largo del día faltan valores puntuales, pero se incluye la racha máxima, el grupo horario se cifrará:
- 8888: La racha máxima/velocidad máxima media en 10' se repite varias veces en el día.
- Se sumará 6000 al grupo horario habitual (Ej: 7215 equivaldría a 7215-6000: 1215=12h 15m).

Bibliografia/ Referências

- [1] , Associação Europeia de Energia Eólica. [En línea] [Citado el: 20 de Junho de 2008.] www.ewea.org.
- [2] , Asociación de Produtores de Energias renovables. http://www.appa.es/descargas/APPA_SGE_general.pdf. [En línea] [Citado el: 17 de Março de 2008.] http://www.appa.es/descargas/APPA_SGE_general.pdf.
- [3] , Innovation and technological development in energy. [En línea] [Citado el: 16 de Março de 2008.] http://ec.europa.eu/energy/res/index_en.htm.
- [4] , BOE. www.boe.es. [En línea] [Citado el: 3 de Maio de 2008.] http://www.boe.es/boe/dias/2006/05/27/pdfs/A19947-19956.pdf.
- [5] , APPA. [En línea] [Citado el: 17 de 4 de 2008.] http://www.appa.es/descargas/APPA.Propuestas_de_desarrollo_del_sector_minieolico_en_Espana_Mar07.pdf.
- [6] , Navarro, F. Guzmán y Moyano, E. Merino., Instalaciones de energia eólica. Aerogeradores. Granada : Escuela Universitária Politécnica de Málaga, 1999.
- [7] , López, José Mª Escudero., Manual de energia eólica. madrid : s.n., 2004.
- [8] , Procinsa, Ingeniería., Proyecto parque eólico el Segredal. Oviedo : Procinsa, Ingeniería, 2004.
- [9] , Proyecto parque eólico Sierra de Tineo. A Coruña : Procinsa, Ingeniería, 2002.
- [10] , Google Earth. [En línea] [Citado el: 28 de Julho de 2008.] www.google.com.
- [11] , Instítuto de Meteorológia de España. [En línea] [Citado el: 5 de Abril de 2008.] http://www.aemet.es.
- [12] , Infraestructuras de Datos Espaciales de España. [En línea] [Citado el: 13 de Junho de 2008.] www.idee.es.
- [13] , Ferrer, Rafael Vernière., Eváluación del recurso eólico. s.l. : ITER – Instituto Tecnológico y de Energías renovables.
- [14] , Asociación eólica de Galícia. [En línea] [Citado el: 13 março de Marcho de 2008.] http://www.ega-sociacioneolicaGaliza.es/es/elvientoenGaliza/emplazamiento.php#2.
- [15] , Paiva, José Pedro Sucena., Redes de Energia Eléctrica - Uma análise sistémica. Lisboa : IST Press, 2005.
- [16] , Mora, Jesús Fraile., Máquinas eléctricas. Madrid : McGrawHill, 2003.
- [17] , Solener. [En línea] [Citado el: 15 de Março de 2008.] www.solener.com.

- [18] , Ferreira, Ângela Paula., Problemática e Perspectivas da Utilização do Gerador de Ímanes Permanentes na Produção de Energia Eólica. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2000.
- [19] , Solener. [En línea] [Citado el: 30 de Março de 2008.] www.ceocero.es.
- [20] , Ceocero. [En línea] [Citado el: 30 de Março de 2008.] www.ceocero.es.
- [21] , Exmork. [En línea] [Citado el: 15 de Março de 2008.] www.exmork.com.
- [22] , Leiger. [En línea] [Citado el: 15 de Junho de 2008.] www.leiger.es.
- [23] , BOE. [En línea] [Citado el: 14 de Maio de 2008.] http://www.mtas.es/insht/legislation/Rd/REBT.htm
- [24] , BOE. [En línea] [Citado el: 14 de Maio de 2008.] http://www.boe.es/boe/dias/2003/09/18/pdfs/A34355-34356.pdf
- [25] , mtas. [En línea] [Citado el: 14 de Maio de 2008.] http://www.mtas.es/insht/legislation/Rd/itc_bt_07.htm
- [26] , mtas. [En línea] [Citado el: 18 de Maio de 2008.] http://www.mtas.es/INSHT/legislation/RD/itc_bt_11.htm.
- [27] , Matos, Manuel António., CEI-909, Introdução ao cálculo de curto-circuitos trifásicos simétricos pela norma. Porto : FEUP, 1996.
- [28] , Silva, José Luís Pereira da., Dimesionamento e protecção de canalizações eéctricas em BT. Porto : Faculdade de Engenharia, FEUP, 1990.
- [29] , mtas. [En línea] [Citado el: 18 de Maio de 2008.] http://www.mtas.es/insht/legislation/Rd/itc_bt_40.htm
- [30] , "Planta para la producción de biodiesel en el puerto de Bilbao". Bilbao : s.n., 2004.
- [31] , Augas de Galiza. [En línea] [Citado el: 03 de Abril de 2008.] http://augasdeGaliza.xunta.es/gl.
- [32] , Arqueologia. [En línea] [Citado el: 22 de Junho de 2008.] http://www.nueva-acropolis.es/vigo/pagina.asp?art=5246.
- [33] , Balfo, Mara Cecilia, Loredo Perez, Jorge y Garca Iglesias, Jess., Impacto ambiental en reas afectadas por minera antigua de mercurio en el concejo de mieres (Asturias). Oviedo : Universidad de Oviedo, 2002.
- [34] , Gómez Orea, Domingo., Evaluacion de impacto ambiental. Madrid : Agricola Española.
- [35] , Rocha, Mário de Melo., A avaliação de impacto ambiental como princípio do direito do ambiente nos quadros internacional e europeu. Porto : Universidade Católica, 2000.
- [36] , mtas. [En línea] [Citado el: 26 de Abril de 2008.] http://www.mtas.es/insht/legislation/RD/equipos.htm.
- [37] , BOE. [En línea] [Citado el: 21 de Junho de 2008.] http://www.boe.es/g/gal/boe_gallego/dias/2004/12/01/seccion1.php.
- [38] , mtas. [En línea] [Citado el: 30 de Março de 2008.] http://www.mtas.es/insht/Legislation/RD/com_epi.htm.
- [39] , BOE. [En línea] [Citado el: 17 de Junho de 2008.] http://www.boe.es/boe/dias/2007/12/28/pdfs/A53591-53600.pdf.
- [40] , Primeiros Socorros. [En línea] [Citado el: 22 de Junho de 2008.] http://www.primeirossocorros.com/.

- [41] , mtas. [En línea] [Citado el: 26 de Abril de 2008.] http://www.mtas.es/insht/Legislation/RD/obras.htm
- [42] , Nunes, Fernando M. D. Oliveira., Segurança e higiene do trabalho: manual técnico. s.l. : Ediçoes Gustavo Eiffel, 2006.
- [43] , Miguel, Alberto Sérgio S. R., Manual de higiene e segurança do trabalho. Porto : Porto Editora, 2006.
- [44] , Silberschatz, Abraham., Database system concepts.
- [45] , Restivo, André Oliveira, y otros., Apontamentos da disciplina de Sistemas de Informação (SINF). Porto : FEUP, 2006/ 2007.
- [46] , Banco Central Europeu. [En línea] [Citado el: 5 de Julho de 2008.] http://www.ecb.int/home/html/index.en.html.
- [47] , Claro, João., Apontamentos de Análise financeira 2006/2007 . Porto : FEUP, 2006/ 2007.
- [48] , Sagrillo, Mick., Wind System Operation and Manitenance Costs.
- [49] , Neves, João Carvalho., Elementos de análise financeira: casos práticos. Lisboa : Team, 2005.
- [50] , Barril Brent. [En línea] [Citado el: 20 de Junho de 2008.] http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/hist/wepcbrentw.htm.
- [51] , Geologia e Geomorfologia da Galiza. [En línea] [Citado el: 25 de Junho de 2008.] http://usuarios.lycos.es/aepect/geo-iberia/Galicia0.htm.
- [52] postes nervion. [En línea] [Citado el: 30 de Junho de 2008.] www.postesnervion.es.

Página da dissertação: www.fe.up.pt/~ee02127
Password: 0106